

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

JOSÉ VALDIVAN MARTINS JÚNIOR

**PROCESSOS COLABORATIVOS E INTEGRAÇÃO DE PROJETOS
COM AUXÍLIO DA PLATAFORMA BIM:**

Uma análise no meio profissional de Natal-RN

**Natal/RN
2018**

JOSÉ VALDIVAN MARTINS JÚNIOR

**PROCESSOS COLABORATIVOS E INTEGRAÇÃO DE PROJETOS
COM AUXÍLIO DA PLATAFORMA BIM:**

Uma análise no meio profissional de Natal-RN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, como requisito à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Discente: José Valdivan Martins Júnior

Orientador: Prof.^o Dr.^o Heitor de Andrade Silva

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Bianca C. D. de Araújo

**Natal/RN
2018**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Dr. Marcelo Bezerra de Melo Tinôco - DARQ - -CT

Martins Júnior, José Valdivan.

Processos colaborativos e integração de projetos com auxílio da plataforma BIM: uma análise no meio profissional de Natal-RN / José Valdivan Martins Júnior. - Natal, 2018.
185f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof.º Dr.º Heitor de Andrade Silva.

Coorientadora: Prof.ª Dr.ª Bianca Carla Dantas de Araújo.

1. Projeto de arquitetura - Dissertação. 2. Processos colaborativos - Dissertação. 3. Integração de projetos - Dissertação. 4. Building Information Modeling (BIM) - Dissertação. I. Silva, Heitor de Andrade. II. Araújo, Bianca Carla Dantas de. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BSE15

CDU 72.012.1

Elaborado por Ericka Luana Gomes da Costa Cortez - CRB-15/344

MARTINS JÚNIOR, José Valdivan. Processos colaborativos e integração de projetos com o auxílio da plataforma BIM: uma análise no meio profissional de Natal-RN.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – na área de concentração de Projeto, Morfologia e Conforto no Ambiente Construído, e na linha de pesquisa de Projeto de Arquitetura – como requisito à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Projeto, Morfologia e Conforto no Ambiente Construído.

Linha de pesquisa: Projeto de Arquitetura

Orientador: Prof.^o Dr.^o Heitor de Andrade Silva

Aprovada em ata depositada na secretaria do curso: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof.^o Dr.^o Heitor de Andrade Silva
Orientador – Presidente – UFRN

Prof.^a Dr.^a Bianca Carla Dantas de Araújo
Co-orientadora – UFRN

Prof.^a PhD Edna Moura Pinto
Examinadora interna à Instituição – UFRN

Prof.^a Dr.^a Josyanne Pinto Giesta
Examinadora externa à Instituição – IFRN

*Em memória, ao Professor Marcelo Bezerra de Melo Tinôco.
Pelos ensinamentos, direcionamentos iniciais desta pesquisa,
e pelo legado ao ensino, fruto da vida dedicada à educação.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as bênçãos.

Aos meus familiares e amigos, em especial aos meus pais, irmãos, esposa e filhos, por darem significado a cada sonho, a cada conquista. Agradeço por todo incentivo e paciência fundamentais à elaboração desta pesquisa.

Às professoras Gleice Elali e Máisa Veloso pelos direcionamentos iniciais na definição da linha de pesquisa, e ao Professor Aldomar Pedrini pela disponibilidade constante, relevante na superação dos desafios ao longo do mestrado.

Ao professor orientador Heitor de Andrade e a professora co-orientadora Bianca de Araújo pela paciência e pelos direcionamentos precisos e fundamentais à elaboração deste estudo.

Às professoras Edna Pinto e Josyanne Giesta, e ao professor Carlos Nome pela participação nas bancas de qualificação e/ou defesa, contribuindo com relevantes considerações.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo pela oportunidade de qualificação, e aos demais professores e servidores do PPGAU/UFRN, pela dedicação visando promover a aprendizagem e a qualidade do ensino

Ao professor Eduardo Henrique e a professora Andréia Souto pelas orientações relacionadas à coleta e análise dos dados estatísticos.

Ao professor e primo Leodécio Martins pela contribuição com as traduções, ao design João Gabriel e à arquiteta Wênnya Dantas pela importante colaboração com esta dissertação.

Agradeço especialmente às empresas e profissionais que se disponibilizaram em participar da pesquisa, viabilizando este estudo: ATP Engenharia Ltda,

Construtora Edilizia Desarrollos Constructivos, Contier Arquitetura Ltda, Diedro Engenharia Ltda, EBP Projetos Ltda, ESARQ – Estudio Swiecicki Arquitectos, Espaço Quatre, IDEA Projetos de Engenharia Ltda, Nasser Hissa Arquitetos Associados, Projetos ACG, SC Arquitetura e Construção, SET – Projetos Integrados, Studio Santa Rosa, Terra Arquitetura Ltda, aos arquitetos Adriano Pierre, Rogério Silva, Sanderson Carvalho e ao engenheiro Flávio Pereira.

O diálogo cria base para colaboração.

Paulo Freire

RESUMO

Dentre as tecnologias digitais usadas no processo de projeto de arquitetura destaca-se atualmente o BIM. Conforme Kowaltowski et al. (2013), o BIM traz a ideia de uma prática de projeto integrado, a partir das primeiras fases de projeto. Os diversos projetistas envolvidos no projeto participam de forma colaborativa desde o início da concepção, compatibilizando os projetos em um único modelo. Apesar de estudos sobre o uso do BIM no Brasil, percebe-se a necessidade de avanço em pesquisas sobre o tema, como estudos que reflitam as atuais dinâmicas do processo colaborativo e da integração de disciplinas com o auxílio das tecnologias BIM entre escritórios de arquitetura e engenharia. Nessa perspectiva, o objetivo geral deste trabalho é caracterizar processos colaborativos visando à integração de projetos, decorrentes da implementação de tecnologias BIM em escritórios de arquitetura de Natal/RN, enquanto os objetivos específicos são: compreender conceitualmente a tecnologia BIM, processos colaborativos e integração de projetos de arquitetura e complementares; levantar e compreender processos colaborativos que visam à integração de projetos com uso da tecnologia BIM entre escritórios de arquitetura e engenharia, considerando-se os contextos internacional, nacional e de Natal/RN; identificar categorias de processos colaborativos que visam a integração de projetos, considerando os casos analisados; e explorar o meio profissional de uso do BIM em Natal e no estado do Rio Grande do Norte (RN). Considerando os objetivos elencados, a pesquisa é do tipo exploratória. Como procedimentos metodológicos adotou-se o estudo de multicasos de processos de projeto colaborativos entre escritório de arquitetura e engenharia, levantados a partir de entrevistas semiestruturadas, e em seguida realizou-se a análise de conteúdo, conforme Bardin (2011). Paralelamente ao estudo de multicasos, realizou-se consulta on-line por meio de formulário eletrônico com os arquitetos do RN visando compreender o uso do BIM no processo de projeto. Os resultados apontam que, em relação aos casos analisados, Natal-RN apresenta dois cenários de colaboração: no primeiro os projetos complementares são modelados a partir de vínculos com a proposta de arquitetura, e em seguida faz-se a verificação de interferências, que não são realizadas automaticamente com ferramenta específica de revisão, mas no próprio software de modelagem com base na observação visual. Nesse cenário há maior possibilidade de inconsistência e redundância de dados. No segundo cenário, o processo colaborativo embora apresente semelhanças em relação ao anterior, quanto ao processo de modelagem e aos profissionais envolvidos, o uso de ferramentas específicas de coordenação e revisão durante a integração das disciplinas contribui para redução de inconsistências dos dados. Considerando-se a consulta on-line os resultados apontam que dois terços aproximadamente dos arquitetos do RN ainda usam aplicativos CAD no processo de projeto. Porém, a maioria pretende utilizar ferramentas BIM, o que configura uma tendência de crescimento no uso do BIM em Natal-RN. Desse modo, a partir dos resultados, conclui-se que há necessidade de avanços no meio profissional de Natal-RN quanto ao uso do BIM, tanto no aproveitamento dos recursos tecnológicos que potencializam os processos colaborativos dos escritórios, como nas práticas projetuais voltadas à colaboração com auxílio do BIM.

Palavras-chave: Projeto de arquitetura. Processos colaborativos. Integração de projetos. Building Information Modeling (BIM).

ABSTRACT

Among the digital technologies used in the architecture design process, nowadays, BIM stands out. According to Kowaltowski et al. (2013), BIM introduces the idea of an integrated project practice from the early stages of design. The various designers involved in the project participate in a collaborative way since the beginning of conception, making the projects compatible in a single model. In spite of studies on the use of BIM in Brazil, it is perceived the need to advance in research on the subject, such as studies that should reflect on the current dynamics of collaborative processes and the integration of academic disciplines with the aid of BIM technologies in partnership with architecture offices and engineering. In this perspective, this dissertation aims at characterizing collaborative processes aiming to the integration of projects, resulting from the implementation of BIM technologies in architecture offices in Natal/RN. The specific objectives in this study are: to understand conceptually the BIM technology, collaborative processes and integration of architecture and complementary projects; to collect as well as to understand collaborative processes that aim at integrating projects by using BIM technology in partnership with architecture and engineering offices, taking into consideration the international, national and Natal/RN contexts; identify categories of collaborative processes that aim at integrating projects, considering the analyzed cases; and explore the professional area of BIM use in Natal and in the state of Rio Grande do Norte (RN). Considering the objectives presented, the study is exploratory. Methodologically the research focuses on multi-purpose study of collaborative design processes in partnership with architecture and engineering offices, as well as based on semi-structured interviews. Then, the content analysis was carried out, according to Bardin (2011). Parallel to the multi-purpose study, an on-line consultation was conducted through an electronic form with the architects of Rio Grande do Norte in order to understand the use of BIM in the design process. The results show that, in relation to the analyzed cases, Natal-RN presents two scenarios of collaboration: in the first, the complementary projects are modeled from links with the architecture proposal, and then the interference is verified, which are not performed automatically with specific revision tool, nevertheless in the modeling software itself based on visual observation. In this scenario there is greater possibility of data inconsistency and redundancy. In the second scenario, the collaborative process, although presenting similarities to the previous one, regarding the modeling process and the professionals involved, the use of specific coordination and revision tools during the integration of the academic disciplines contribute to the reduction of data inconsistencies. Considering the on-line consultation the results indicate that approximately two-thirds of RN architects still use CAD applications in the design process. However, most of the architects intend to use BIM tools, which is a growing trend in the use of BIM in Natal-RN. Therefore, from the results, it is concluded that there is a need for advances in the engineering professional area of Natal-RN, regarding the use of BIM, both in the use of the technological resources that enhance the collaborative processes of the offices, as well as in the project practices focused on collaboration with the aid of BIM.

Keywords: Architecture project. Collaborative processes. Integration of projects. Building Information Modeling (BIM).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da dissertação	24
Figura 2: Esquema de modelagem paramétrica de uma coluna descrevendo os atributos parametrizados	28
Figura 3: Família de desenhos mostrando seis casos baseados em Variações Paramétricas (PV)	28
Figura 4: Soluções da buildingSMART para a interoperabilidade	31
Figura 5: BIM no ciclo de vida da edificação	32
Figura 6: Detecção de conflitos entre subsistemas prediais	34
Figura 7: Representação gráfica LOD 100	36
Figura 8: Representação gráfica de LOD 200	37
Figura 9: Representação gráfica de LOD 300	38
Figura 10: Representação gráfica de LOD 400	39
Figura 11: Representação gráfica de LOD 500	39
Figura 12: Visão linear dos estágios de maturidade BIM, dividida em três fases.....	41
Figura 13: Estágio Pré-BIM.	42
Figura 14: Estágio BIM-1 (Modelagem).....	42
Figura 15: Estágio BIM-2 (Colaboração baseada em Modelos).	43
Figura 16: Estágio BIM-3 (Integração baseada em Rede).	44
Figura 17: Mapeamento do processo de projeto de acordo com o Plano de Trabalho do RIBA 1965	47
Figura 18: Os cinco passos do processo de projeto: iniciação, preparação, confecção da proposta, avaliação e ação.....	48
Figura 19: Processos de projeto cíclico, feedback e iteração.	49
Figura 20: Modelo de processo de projeto proposto por Veloso (2001)	49
Figura 21: Esquema relações topológicas da importância dada pelos arquitetos a cada uma das fases do projeto.	51
Figura 22: O processo de projeto visto como negociação entre problema e solução por meio das três atividades de análise, síntese e avaliação.....	52
Figura 23: "Representação gráfica mais honesta do processo de projeto".	52
Figura 24: Curva de esforço (Patrick Macleamy curve).....	56
Figura 25: Esquema representativo de modelos federados.	58

Figura 26: Hierarquia de especialistas BIM em empresas do setor a AEC.....	59
Figura 27: Cenário de colaboração com modelo de construção separado.	67
Figura 28: Cenário de colaboração com modelos de construção separados e um modelo agregado.	68
Figura 29: Cenário de colaboração com um modelo de construção compartilhado. .	68
Figura 30: Interface do modelo no Revit, com destaque para a ferramenta de comunicação on-line entre usuários (chat), à esquerda.....	74
Figura 31: Principais etapas, procedimentos e instrumentos metodológicos utilizados na pesquisa	83
Figura 32: Roteiro do formulário on-line	96
Figura 33: Obrigatoriedade da adoção do BIM no mundo.....	99
Figura 34: Início das implantações BIM e CAD no Brasil no e exterior.	101
Figura 35: Estudo de Referência 1	105
Figura 36: Estudo de Referência 2.....	107
Figura 37: Estudo de Referência 3.....	109
Figura 38: Estudo de Referência 4.....	111
Figura 39: Estudo de Caso 1.....	123
Figura 40: Estudo de Caso 2.....	125
Figura 41: Estudo de Caso 3.....	127
Figura 42: Estudo de Caso 4.....	129
Figura 43: Estudo de Caso 5.....	131
Figura 44: Estudo de Caso 6.....	133
Figura 45: Fluxogramas dos processos colaborativos dos estudos de caso e referência	139
Figura 46: Simulação térmica em edificação residencial.....	141
Figura 47: Trabalho colaborativo com uso de worksets	143
Figura 48: Cenário de Colaboração 1	152
Figura 49: Cenário de Colaboração 2	153
Figura 50: Cenário de Colaboração 3	154
Figura 51: Estágio de maturidade das empresas	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantitativo de Teses e Dissertações no período de 2000 a 2011.	78
Tabela 2: Número de teses e dissertações realizadas no período de 2009 a 2017, identificadas com base em busca no BDTD, usando a expressão “BIM” sem aspas.	79
Tabela 3: Quantitativo de profissionais da pesquisa on-line	160

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição das principais normas ISO utilizadas pela buildingSMART.	31
Quadro 2: Fases do ciclo de vida da construção e ferramentas disponíveis.....	33
Quadro 3: Dimensões do BIM	35
Quadro 4: Funções e responsabilidades dos especialistas BIM.	60
Quadro 5: Diferentes mecanismos e formatos de troca de informações em BIM.....	64
Quadro 6: Conjunto de características para o trabalho em Modelo Compartilhado ..	69
Quadro 7: Comparação de cenários	70
Quadro 8: Alguns parâmetros básicos para a colaboração.....	72
Quadro 9: Ferramentas para colaboração em plataformas BIM.....	73
Quadro 10: Fatores que podem limitam a colaboração.....	75
Quadro 11: Protocolo de entrevistas dos estudos de caso e de referência	89
Quadro 12: Perfil das empresas dos estudos de referência internacionais e nacionais	102
Quadro 13: Estudos de referência internacionais e nacionais mapeados.....	103
Quadro 14: Perfil dos profissionais participantes dos estudos de caso em Natal-RN	120
Quadro 15: Estudos de Caso mapeados em Natal-RN.....	121
Quadro 16: Formas de comunicação entre colaboradores	145
Quadro 17: Formas de compartilhamento de modelos e dados entre colaboradores	147
Quadro 18: Fatores que limitam a colaboração, identificados pelo autor com base nas entrevistas (dos estudos de referência e de caso)	148
Quadro 19: Estágios de maturidade das empresas	156

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Utilização de software BIM no processo de projeto arquitetônico.....	112
Gráfico 2: Software(s) utilizados pelos participantes que não utilizam BIM no processo de projeto arquitetônico.....	113
Gráfico 3: Software(s) utilizados pelos participantes que utilizam BIM no processo de projeto arquitetônico.....	113
Gráfico 4: Tipo de projeto arquitetônico desenvolvido pelos que não utilizam BIM no processo de projeto arquitetônico	114
Gráfico 5: Tipo de projeto arquitetônico desenvolvido pelos que utilizam BIM no processo de projeto arquitetônico	114
Gráfico 6: Intenção de adotar algum software BIM no processo de projeto arquitetônico pelos usuários que não utilizam	115
Gráfico 7: Motivos para ainda não utilizar softwares BIM no processo de projeto arquitetônico.....	115
Gráfico 8: Fases do processo de projeto arquitetônico em que é utilizado o BIM...	116
Gráfico 9: Finalidades do emprego do BIM	116
Gráfico 10: Colaboração com outros especialistas (engenheiro estrutural, de instalações, etc.) durante o processo de projeto arquitetônico com BIM	117
Gráfico 11: Principais benefícios percebidos ao utilizar o BIM no processo de projeto arquitetônico.....	118
Gráfico 12: Principais pontos negativos identificados ao utilizar o BIM.....	118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

AECO – Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação

AIA – American Institute of Architects

AsBEA – Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura

BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

BEP – BIM Execution Plan

BIM – Building Information Modeling ou Building Information Model

CE – Ceará

CFD – Computational Fluid Dynamics

HVAC – Heating, Ventilating and Air Conditioning

IAI – International Alliance for Interoperability

IDM – Information Delivery Manual

IFC – Industry Foundation Classes

IFD – International Framework for Dictionaries

ISO – International Organization for Standardization

LOD – Level of Development

MP – Modelagem Paramétrica

PE - Pernambuco

PB – Paraíba

RN – Rio Grande do Norte

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

TICs – Tecnologias de Informação e Comunicação

TPP – Tecnologia, processo e política

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
1 TECNOLOGIA BIM.....	26
1.1 MODELAGEM PARAMÉTRICA	26
1.2 INTEROPERABILIDADE.....	29
1.3 CICLO DE VIDA DA CONSTRUÇÃO.....	32
1.4 NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO (LEVEL OF DEVELOPMENT – LOD)	36
1.4.1 LOD 100 – Estudo de Massa	36
1.4.2 LOD 200 – Geometria Aproximada	37
1.4.3 LOD 300 – Geometria Precisa.....	37
1.4.4 LOD 400 – Fabricação	38
1.4.5 LOD 500 – As Built	39
1.5 INTEGRAÇÃO DE PROJETOS	40
1.6 ESTÁGIOS DE MATURIDADE BIM.....	41
2 PROCESSOS DE PROJETO	46
2.1 PROCESSO DE PROJETO TRADICIONAL.....	46
2.2 PROCESSO DE PROJETO COM O BIM	54
2.3 PROCESSO DE PROJETO COLABORATIVO.....	61
2.3.1 Colaboração	62
2.3.2 Compartilhamento e Trocas de Modelo BIM	63
2.3.3 Cenários de Colaboração	66
2.3.4 Agentes Colaboradores.....	71
2.3.5 Parâmetros de Descrição do Trabalho Colaborativo	71
2.3.6 Ferramentas de Colaboração	72
2.3.7 Fatores que Limitam a Colaboração.....	75
3 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE PESQUISA	77
3.1 ESTADO DA ARTE.....	77
3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	81
3.3 ETAPAS DA PESQUISA.....	82
3.3.1 Organização das Etapas de Pesquisa.....	82
3.3.2 Realização dos Estudos de Caso e Referência	83

3.3.3	Aplicação da Consulta On-line	95
4	O USO DO BIM NOS CONTEXTOS INTERNACIONAL E NACIONAL	98
4.1	O USO DO BIM NA ARGENTINA E BRASIL.....	102
4.1.1	Estudo de Referência 1 – ER 1	103
4.1.2	Estudo de Referência 2 – ER 2	106
4.1.3	Estudo de Referência 3 – ER 3	108
4.1.4	Estudo de Referência 4 – ER 4	110
4.2	O USO DO BIM NO RIO GRANDE DO NORTE	112
4.3	O USO DO BIM EM NATAL-RN	118
4.3.1	Estudo de Caso 1 – EC 1	121
4.3.2	Estudo de Caso 2 – EC 2	124
4.3.3	Estudo de Caso 3 – EC 3	126
4.3.4	Estudo de Caso 4 – EC 4	128
4.3.5	Estudo de Caso 5 – EC 5	130
4.3.6	Estudo de Caso 6 – EC 6	132
5	ANÁLISES E DISCUSSÕES	134
5.1	PANORAMA DO BIM NO RIO GRANDE DO NORTE	134
5.2	PANORAMA DO BIM NOS CONTEXTOS INTERNACIONAL E NACIONAL ...	136
5.2.1	Processos Colaborativos com Auxílio do BIM	136
5.2.2	Cenários de Colaboração	151
5.2.3	Estágios de Implantação do BIM nos Escritórios	155
	CONSIDERAÇÕES.....	159
	REFERÊNCIAS.....	166
	APÊNDICES	173
	APÊNDICE 1 – QUADRO DAS UNIDADES DE ANÁLISE DOS MULTICASOS.....	174
	APÊNDICE 2 – ROTEIRO DO FORMULÁRIO PARA USUÁRIOS DO BIM.....	175
	APÊNDICE 3 – ROTEIRO DO FORMULÁRIO PARA NÃO USUÁRIOS DO BIM...	177
	ANEXOS	178
	ANEXO 1 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE REFERÊNCIA 1 .	179
	ANEXO 2 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE REFERÊNCIA 3 .	180
	ANEXO 3 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 2	181
	ANEXO 4 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 3	182

ANEXO 5 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 4	183
ANEXO 6 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 6	184
ANEXO 7 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 6	185

INTRODUÇÃO

Com a evolução das tecnologias digitais utilizadas no processo de projeto de arquitetura, a forma de pensar, representar e produzir o artefato arquitetônico tem passado por transformações relevantes. Os projetos ganharam mais precisão, geometrias complexas passaram a ser representados mais facilmente, ampliando as possibilidades de soluções arquitetônicas e o tempo empregado ao longo do processo projetivo também foi alterado.

Dentre as tecnologias digitais voltadas ao projeto de arquitetura, a Modelagem de Informação da Construção (Building Information Modeling – BIM) tem tido cada vez mais destaque em virtude dos diversos benefícios que podem trazer, não apenas aos escritórios de arquitetura, mas à ampla indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Assim, os sistemas de desenho assistido por computador (Computer-Aided Design – CAD) têm sido substituídos pela plataforma BIM, ainda que lentamente em alguns contextos, a exemplo do mercado nacional.

Entretanto, de acordo com Birx (2006 apud Souza et al., 2009, p. 32). “o CAD geométrico não mudou de maneira significativa a forma de trabalho dos arquitetos, apenas computadorizou a prática de desenho realizada anteriormente nas pranchetas”. Em 2006, Birx afirmou que:

[...] ao contrário do que ocorreu com os sistemas CAD tradicionais, que afetaram de forma restrita o processo de projeto, assim que houver a propagação do uso do BIM na indústria da construção civil haverá mudanças culturais em diversos aspectos referentes ao projeto, processos construtivos, serviços oferecidos, estrutura organizacional das empresas, entre outros. (BIRX, 2006 apud SOUZA et al., 2009, p. 32).

Uma das vantagens do BIM em relação a outros sistemas, é o maior potencial para realização de trabalho colaborativo. Conforme Kowaltowski et al. (2013), o BIM traz a ideia de uma prática de projeto integrado, a partir das primeiras fases de projeto. Os profissionais de estrutura, instalações elétricas, hidrossanitárias e projetos especiais, por exemplo, participam de forma colaborativa desde o início da concepção e não apenas ao final do processo, visando gerar um único modelo construtivo virtual, a partir da integração de todas as disciplinas.

Desse modo, durante a implementação¹ da modelagem de informação da construção em escritórios de projeto, um dos relevantes pontos a ser observado é o da colaboração da equipe visando à integração de projetos. Para isso, os processos de projeto devem ser revistos e os diversos especialistas (colaboradores) se adequarem às novas práticas e ferramentas digitais de trabalho colaborativo.

Para Eastman et al. (2014, p. 425), “o BIM fundamenta-se em duas tecnologias: modelagem paramétrica e interoperabilidade”. A primeira propicia, dentre diversos outros recursos, variações no modelo geométrico a partir de um espaço de soluções preestabelecidas; enquanto a interoperabilidade facilita o fluxo de dados entre diferentes aplicativos e possibilita a combinação de diferentes áreas de ação da indústria da arquitetura, engenharia, construção e operação (EACO) no modelo geométrico do edifício durante o processo de projeto.

Com o BIM, o processo de projeto passa a apoiar-se em um modelo central de informações, em vez de em uma simples modelagem geométrica 3D. Mas além da tecnologia proporcionar a representação do modelo em 2D e 3D, compreende também conceitos como modelagem 4D, 5D, 6D e 7D (elucidados no Capítulo 1). Com maior quantidade de recursos à disposição para representação e desenvolvimento de projetos, arquitetos com domínio nas ferramentas tendem a gastar mais tempo projetando e menos tempo desenhando.

Outra característica importante associada ao BIM é que o modelo geométrico elaborado com essa tecnologia funciona não apenas como representação do edifício, mas principalmente, como um modelo de informação da construção, capaz de criar bancos de dados sobre a edificação projetada, os quais podem ser consultados e atualizados durante todo o ciclo de vida da construção – do projeto à obra, reforma, retrofit e outras intervenções.

Porém, apesar das várias capacidades do BIM, Menezes (2011) indica que a plataforma, assim como ocorreu com os sistemas CAD, teve sua implantação no Brasil com aproximadamente 20 anos de atraso em relação ao exterior, sendo utilizado inicialmente no meio profissional e em seguida no campo acadêmico. Mais recentemente, “o mercado, apesar de contar com inúmeras fontes de informação,

¹ O termo implementação refere-se neste estudo ao uso/aplicação da tecnologia BIM a partir a implantação. Segundo o Dicio (Dicionário On-line de Português), o termo implementar significa colocar em prática, em execução, enquanto implantar refere-se a dar início a, introduzir. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br>>. Acesso em 08 ago. 2018.

ainda está mostrando um desconhecimento do assunto” (NETTO, 2015).

Nesse panorama inclui-se o Nordeste do Brasil e, mais especificamente, a cidade de Natal/RN, onde preliminarmente observou-se que as potencialidades das tecnologias de modelagem virtual precisam ser melhor exploradas, tanto no meio acadêmico quanto no meio profissional (em escritórios de arquitetura e engenharia).

A partir de levantamento bibliográfico e do estado da arte nas principais plataformas digitais de teses e dissertações (Capes e BBDT) verificou-se a ausência de pesquisas que descrevem o cenário do processo de projeto com uso do BIM dos escritórios de arquitetura do Rio Grande do Norte e de Natal-RN. Percebeu-se também lacuna na produção de pesquisas que abordam a colaboração entre escritórios de arquitetura e engenharia visando à integração de projetos com uso do BIM.

Com essa constatação e considerando-se a relevância dos processos de colaboração nas áreas de arquitetura e engenharia, bem como o uso do BIM como ferramenta que potencializa o trabalho colaborativo, avalia-se que novas pesquisas sobre a temática podem estimular o debate, ampliar o conhecimento e contribuir para o aperfeiçoamento do uso das ferramentas BIM, nesse e em outros contextos. Para SOUZA et al. (2009), por exemplo, a avaliação e divulgação de experiências de implantação do BIM em escritórios de arquitetura é relevante, pois encoraja novas empresas a utilizarem a tecnologia.

Desse modo, este estudo justifica-se por retratar a realidade e promover reflexão sobre a aplicação do BIM no contexto de Natal/RN e, ao mesmo tempo, fomentar o conhecimento e uso da tecnologia, principalmente no **meio profissional** – trazendo melhorias às estratégias de projeto e à integração das equipes de trabalho – mas também no **meio acadêmico**, contribuindo para a formação de estudantes dos cursos de graduação nas áreas de Arquitetura, Urbanismo e Engenharia.

Além da necessidade de novos estudos sobre a temática apresentada, com contribuição para os meios profissional e acadêmico, a definição do tema desta pesquisa também se justifica por ter rebatimento na prática profissional do autor, em virtude da atuação no desenvolvimento de projeto de arquitetura no serviço público.

Percebe-se atualmente no ambiente de trabalho do autor, a necessidade de maior aproveitamento das tecnologias digitais para otimizar e agilizar os processos, bem como favorecer a integração de projetos das equipes de arquitetura e engenharia. Nesse sentido, compreender experiências de uso da construção virtual

vivenciadas por escritórios de arquitetura – como propõe esta pesquisa – é significativo, pois potencializa o sucesso de futuras implementações do BIM.

O uso do modelo 3D construtivo é cada vez mais necessário, devido, dentre outros aspectos, ao crescente número de editais de processos de licitação (que são exigências para a contratação de projetos básicos e executivos no serviço público) que têm solicitado as propostas em formato BIM. Como exemplos podem ser citados os processos de licitação realizados pela Petrobrás e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)². Em alguns casos, governos estaduais e prefeituras municipais também já iniciaram as adequações, com a elaboração de normas para contratação de projeto, tendo como pré-requisito a entrega do modelo de informação da construção.

Destaca-se nesse sentido o Estado de Santa Catarina, que foi o “primeiro do Brasil a exigir o uso do BIM em obras públicas” (STEINER, 2016, p. 47). Em 2014, o Estado publicou o Caderno BIM, onde “estão definidas a padronização e a formatação que devem orientar o desenvolvimento dos projetos em BIM, para que sejam adequadamente entregues ao Governo” Catarinense (MARGOTTI et al., 2014).

Isso tende a ocorrer com maior frequência devido, dentre outros fatores, às vantagens proporcionadas pelo sistema BIM em relação ao CAD, e mais recentemente ao Decreto Presidencial Nº 9.377, de 17 de maio de 2018³, que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no País.

A partir das premissas supracitadas, considerando-se as lacunas de estudo, a necessidade de pesquisas sobre o uso do modelo único construtivo no contexto local, bem como a importância dos processos colaborativos e das práticas de projeto integrado com o auxílio da plataforma BIM, o objeto de estudo dessa pesquisa são os **processos colaborativos visando à integração de projetos com o uso da tecnologia BIM, em escritórios arquitetura de Natal/RN.**

Desse modo, o objetivo geral do trabalho é **caracterizar processos colaborativos visando à integração de projetos, decorrentes de implantação de**

² O BIM ainda não foi implantado na maioria das unidades do DNIT.

³ O Decreto Presidencial Nº 9.377, de 17 de maio de 2018 revogou o anterior, de 05 de junho de 2017, que instituiu o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modeling, com a finalidade de propor, no âmbito do Governo Federal, a Estratégia Nacional de Disseminação da tecnologia.

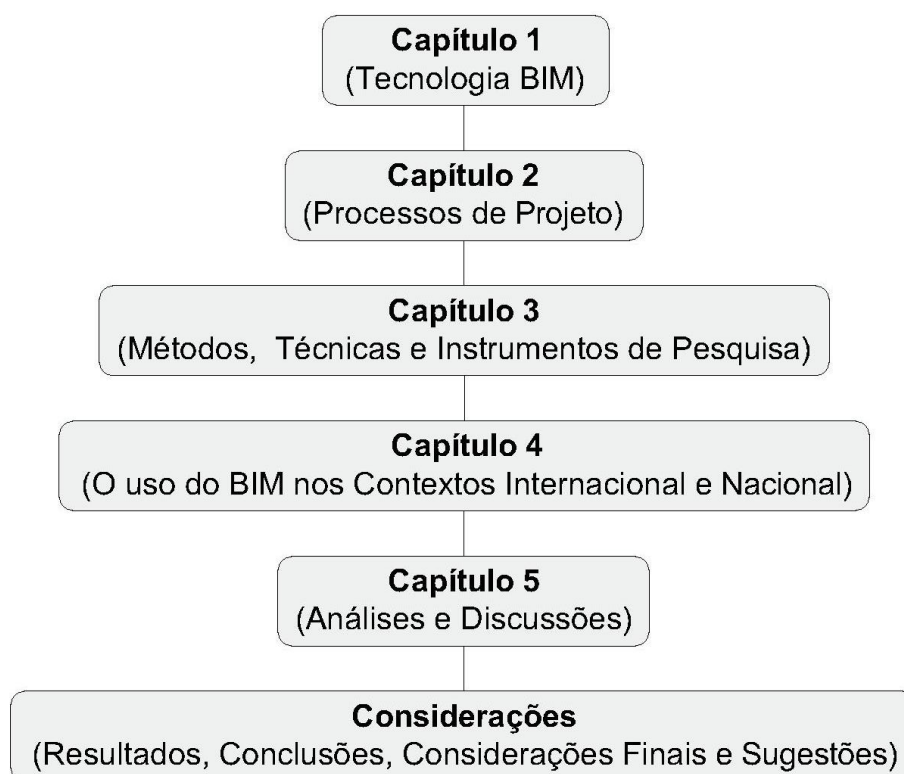
tecnologias BIM em escritórios de arquitetura de Natal/RN. Enquanto os objetivos específicos são:

- a) Compreender conceitualmente a tecnologia BIM, processos colaborativos e integração de projetos de arquitetura e complementares;
- b) Levantar e compreender processos colaborativos que visam à integração de projetos com uso da tecnologia BIM entre escritórios de arquitetura e engenharia, considerando-se os contextos internacional, nacional e de Natal/RN;
- c) Identificar categorias de processos colaborativos que visam a integração de projetos, considerando os casos analisados;
- d) Explorar o meio profissional de uso do BIM em Natal e no estado do Rio Grande do Norte.

O estudo sobre processos colaborativos, visando à integração de projetos decorrentes da implantação de tecnologias BIM, pode contribuir, por exemplo, na integração de disciplinas no atelier de projetos. O conhecimento decorrente da pesquisa pode ser abordado na graduação, por meio de cursos e *workshops*, nas disciplinas obrigatórias de informática aplicada ou em disciplinas optativas, e em seguida ser aplicado nos ateliês integrados ou em trabalhos desenvolvidos a partir do intercâmbio entre alunos de arquitetura e engenharia. Assim, é importante que a Academia forme profissionais com habilidades em colaboração considerando as novas demandas e recursos tecnológicos implementados nos escritórios.

Conforme classificação de Gehardt e Silveira (2009) a pesquisa desenvolvida é do tipo qualitativa, aplicada e exploratória, e quanto aos procedimentos é do tipo estudo de caso (Gil, 2002), pois baseia-se no estudo de multicasos de processos de projeto colaborativo decorrentes da colaboração entre escritórios de arquitetura e engenharia, visando à integração das disciplinas (arquitetura, estruturas, instalações hidrossanitárias, HVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado). O método fundamenta-se principalmente no levantamento de dados das empresas por meio de entrevistas semiestruturadas, seguido da análise de conteúdo conforme Bardin (2011).

Quanto à estrutura, a dissertação compreende 5 (cinco) capítulos, conforme Figura 1:

Figura 1: Estrutura da dissertação

Fonte: Elaboração do autor, 2017.

Os Capítulos 1 e 2 – Tecnologia BIM e Processos de Projeto (Referencial Teórico) – visam à compreensão da modelagem de informação da construção, dos processos de projeto arquitetônico (tradicional e com o BIM), dos processos colaborativos para a integração de projetos, de fatores que favorecem ou dificultam a colaboração e das tecnologias da informação voltadas à colaboração e à integração de projetos de arquitetura e complementares. Desse modo, são elucidados os principais conceitos, potencialidades e aplicações do BIM, dos métodos e fases de projeto arquitetônico, de processos colaborativos e integração de projetos, dentre outros aspectos, a partir da percepção de diferentes autores.

No Capítulo 3 – Métodos, Técnicas e Instrumentos de Pesquisa – são apresentados os métodos, técnicas e instrumentos adotados nas diferentes fases da pesquisa, desde a construção do referencial bibliográfico até a coleta, análise dos dados de campo, e considerações.

Com o Capítulo 4 – O uso do BIM nos Contextos Internacional e Nacional – buscou-se apresentar o conhecimento teórico e principalmente prático, sobre o uso do modelo construtivo virtual e processos colaborativos para integração de projetos,

com base em estudos de referência. A avaliação desses estudos contribuiu para aprofundar as análises dos estudos de caso em Natal/RN, também com foco no uso do modelo construtivo virtual nos processos colaborativos para integração de projetos. As informações coletadas nos escritórios por meio de entrevistas, constituem a parte principal dos dados empíricos do estudo. Como complemento à pesquisa, buscando apresentar uma visão geral do uso do BIM no Rio Grande do Norte, o Capítulo 4 expõe também os dados da consulta on-line coletados por meio de formulário/questionário aplicado com os arquitetos associados ao Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Estado.

No Capítulo 5 – Análises e Discussões – os dados dos estudos de referência, estudos de caso e consulta on-line são analisados e discutidos. Em relação aos dados da pesquisa on-line, as análises foram do tipo qualitativa e principalmente quantitativa, enquanto os dados dos estudos de referência e estudos de caso foram avaliados qualitativamente, considerando-se a análise de conteúdo, ou seja, das comunicações dos participantes.

E nas Considerações – são expostas as conclusões, resultados, considerações finais e sugestões do estudo, em especial sobre os processos colaborativos com uso do BIM no contexto de Natal/RN. Foram apresentadas também as contribuições, dificuldades e limitações verificadas durante o desenvolvimento do trabalho, bem como os desdobramentos e recomendações para o desenvolvimento de futuras pesquisas.

1 TECNOLOGIA BIM

Neste capítulo é apresentada uma revisão teórica sobre a tecnologia BIM a partir da elucidação de seus principais conceitos, de modo a possibilitar o entendimento da temática abordada. Os principais aspectos esclarecidos neste capítulo são a modelagem paramétrica, interoperabilidade, ciclo de vida da construção, os níveis de desenvolvimento do projeto, a integração de projetos e os estágios de maturidade BIM.

Os conceitos, abordagens e métodos que envolvem modelagem da construção têm sido objeto de pesquisa há mais de três décadas, e de acordo com Eastman et al. (2014), BIM é “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção” (EASTMAN et al., 2014, p. 13). Para Succar (2009), a modelagem de informação da construção é um conjunto de interativas políticas, processos e tecnologias (SUCCAR, 2009, p. 357, tradução nossa), gerando, segundo Penttilä (2006) uma metodologia para gerir os dados essenciais do produto e do projeto da construção em formato digital ao longo do ciclo de vida do edifício (PENTTILÄ, 2006, p. 403, tradução nossa).

Além do termo BIM ser conceituado como um conjunto de tecnologias, processos e políticas (cuja interação gera uma metodologia), também é utilizado referindo-se ao modelo de informação da construção (em inglês, Building Information Model), ou seja, um modelo geométrico virtual com dados precisos, que simulam uma edificação. Para Eastman et al. (2014, p. 1),

Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção (EASTMAN et al., 2014, P. 1).

Para esses autores, o BIM fundamenta-se em duas tecnologias: a Modelagem Paramétrica e a Interoperabilidade, conceitos abordados a seguir.

1.1 MODELAGEM PARAMÉTRICA

Nas duas últimas décadas tem-se observado o surgimento de novas composições na Arquitetura Contemporânea, caracterizadas em especial pela presença de formas e curvas complexas. As novas possibilidades de geometria

projetadas e executadas têm sido favorecidas pelos novos recursos digitais disponíveis e pela fabricação digital.

Um dos principais recursos digitais utilizados nesse contexto é a modelagem paramétrica (MP)⁴ baseada em objetos, que de acordo com Eastman et al. (2014, p. 25) é a “principal tecnologia que distingue aplicativos para projetos em BIM de outros sistemas CAD”. Na MP as geometrias e as propriedades não são fixas, ao contrário: parâmetros, regras e atributos podem ser controlados e modificados, permitindo variações na geometria e nas propriedades, alterando o projeto de modo mais rápido e eficiente. Neste sentido,

O uso de parâmetros para definir a geometria de elementos construtivos, no âmbito da construção civil, tem provado ser cada vez mais eficaz no processo de projeto. Edifícios são compostos literalmente de milhares de partes individuais, e de um grande número de conexões. Uma modelagem desse tipo exige que essas porções sejam agrupadas em componentes constituídos por parâmetros, de modo a facilitar a manipulação de acordo com a necessidade do usuário. Assim, a MP torna-se uma poderosa ferramenta digital para explorar diferentes configurações geométricas em projetos em Arquitetura, Engenharia e Construção (FLORIO, 2014, p.03).

Durante o processo de modelagem paramétrica fica a critério do projetista, de acordo com a solução arquitetônica que pretende alcançar, definir que tipos de parâmetros, regras e atributos serão inseridos nos objetos. Alguns parâmetros contêm valores passíveis de ajustes pelos usuários, outros dependem de valores fixos, e alguns são obtidos de outros modos. Há parâmetros relacionados à forma geométrica de um componente ou a posição relativa entre elementos construtivos; parâmetros que subordinam a geometria do objeto, a um critério de eficiência energética, dentre outros.

Por sua vez, para Eastman et al. (2014, p. 25) “os atributos dos objetos são necessários para fazer a interface com análises, estimativas de custos e outras aplicações, mas esses atributos devem primeiramente ser definidos pela empresa ou pelo usuário”. Além disso, os autores (2014, p. 29) esclarecem que “no projeto paramétrico, em vez de projetar uma instância de um elemento de construção como uma parede ou uma porta, um projetista define uma família de modelos ou uma classe

⁴ A modelagem paramétrica (ou design paramétrico) é a criação de um modelo digital baseado em uma série de regras pré-programadas ou algoritmos conhecidos como 'parâmetros' (Fonte: Disponível em: <https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Parametric_modelling>. Acesso em: 10 out. 2018. Tradução nossa).

de elementos”, assim, várias instâncias diferentes de um mesmo tipo (família) podem ser geradas, quando os parâmetros são alterados conforme o contexto.

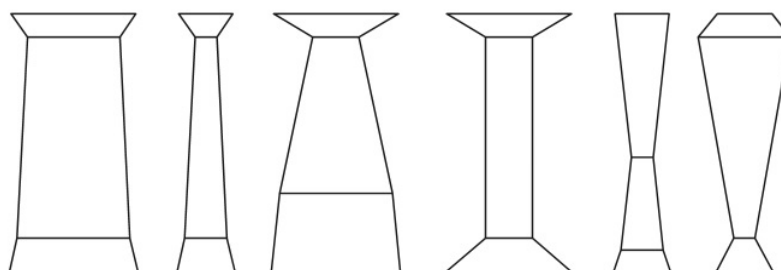
Hernandes (2006) traz alguns exemplos de famílias de instâncias, dentre as quais, uma família de colunas criadas a partir da predefinição e em seguida modificação dos atributos parametrizados. Inicialmente, o autor descreve por meio de um esquema de modelagem paramétrica, os parâmetros de uma coluna, ou seja, diâmetro e altura do capital, altura do fuste e diâmetro e altura da base (Figura 2), e em seguida, mostra uma família de seis colunas diferentes (Figura 3) geradas a partir das variações dos parâmetros.

Figura 2: Esquema de modelagem paramétrica de uma coluna descrevendo os atributos parametrizados



Fonte: Hernandez (2006, p. 312).
Nota: Tradução nossa.

Figura 3: Família de desenhos mostrando seis casos baseados em Variações Paramétricas (PV)



Fonte: Hernandez (2006, p. 312)

Os softwares ou ferramentas de modelagem BIM têm um conjunto de famílias de objetos pré-definidas, mas geralmente são completas apenas para construções

com tipologia mais padronizada. Assim, empresas e usuários que se consideram habilitados em modelagem de informação da construção devem desenvolver suas próprias bibliotecas de componentes BIM para atender as especificidades de seus projetos. E cada subsistema que compõe o modelo também requer famílias específicas de objetos paramétricos.

Nesse contexto de modelagem paramétrica, baseada em objetos, “as ferramentas BIM de criação e edição incorporam diferentes tipos de capacidades”, dentre as quais Eastman et al. (2014) destaca:

A fácil e rápida geração e atualização de desenhos a partir do modelo, facilidade de desenvolver objetos paramétricos personalizados, possibilidade do modelo ser utilizado em diversas aplicações por diferentes ferramentas, modelagem de superfícies curvas complexas, e possibilidade de alguns sistemas trabalharem em ambiente multiusuário, o que possibilita que vários profissionais trabalhem de forma colaborativa e simultânea em um único arquivo em partes de um mesmo projeto (EASTMAN et al., 2014, p. 57).

Em virtude das várias capacidades dos modeladores paramétricos, é crescente o número de usuários que migram dos sistemas CAD para as ferramentas BIM. Os benefícios da utilização dos modelos de construção são diversos, mas é necessária a adaptação de projetistas e empresas a uma nova metodologia de trabalho, pois o foco não está mais nos desenhos 2D, como nos sistemas CAD, mas no modelo 3D da construção, onde são inseridas todas as informações que servirão para elaboração e compatibilização dos projetos, análises e simulações, planejamento e execução da obra.

1.2 INTEROPERABILIDADE

Durante o processo de elaboração do modelo paramétrico, uma variedade de ferramentas BIM é utilizada para que todas as informações da construção, planejamento e acompanhamento da obra sejam inseridas. Nesse sentido, é necessário que haja compatibilidade entre os softwares, por meio de um esquema de dados comum, para que o modelo 3D possa transitar entre as diversas plataformas digitais sem que haja perda de dados ou alteração do modelo geométrico. Apesar da necessidade de aperfeiçoamento, isso já tem sido possível, graças ao avanço da interoperabilidade entre os aplicativos BIM. “A interoperabilidade consiste na capacidade de identificar os dados que necessitam ser passados entre aplicativos” (KOWALTOWSKI et al., 2013, p. 431).

O conceito de BIM, segundo Andrade e Ruschel (2009) “pressupõe a interoperabilidade e a colaboração entre os profissionais da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Todavia, estes profissionais exploram pouco o recurso da colaboração no processo de projeto com o BIM” (ANDRADE; RUSCHEL, 2009, p. 76). Conforme esses autores, os aplicativos BIM precisam de robustez na interoperabilidade para que as atividades de colaboração e cooperação não sejam ainda mais dificultadas.

Para possibilitar a interoperabilidade entre diferentes aplicativos e softwares BIM e garantir a manutenção e troca de dados relevantes, tem sido adotado, como formato de arquivo, o Industry Foundation Classes (IFC), que utiliza a linguagem *express*. O IFC é um esquema de dados comum não controlado por um único fornecedor ou grupo de fornecedores e desenvolvido pela buildingSMART (anteriormente chamada de Internacional Alliance for Interoperability - IAI).

A Internacional Alliance for Interoperability (IAI) foi constituída em 16 de maio de 1996, em Londres, a partir de uma reunião entre representantes da América do Norte, Europa e Ásia, com a missão de definir, publicar e promover especificações para classes de objetos da indústria da construção (JACOSKI; LAMBERTS, 2002), possibilitando a interoperabilidade entre os muitos programas e softwares utilizados por empresas da indústria da construção.

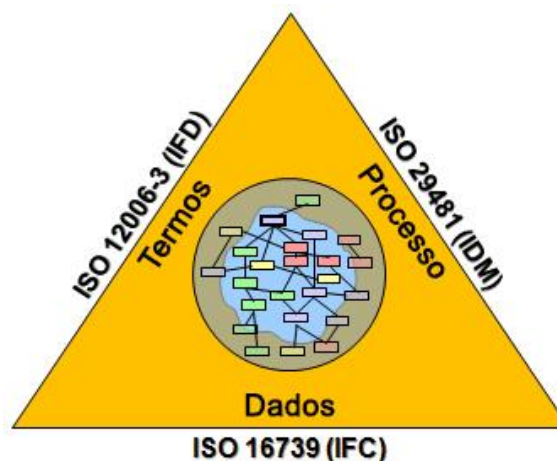
Por meio da elaboração de normas, da padronização de termos e componentes construtivos, da definição de metodologia de processo e de critérios para troca de informação entre aplicativos, a buildingSMART pretende alcançar índices mais elevados de interoperabilidade. Nesse sentido, a buildingSMART fundamenta-se em normas da International Organization for Standardization (ISO). A título de informação, apresentamos no Quadro 1 a seguir um resumo referente a cada uma.

Quadro 1: Descrição das principais normas ISO utilizadas pela buildingSMART.

Norma ISO	Descrição
29481-1: 2016	Facilitar a interoperabilidade entre aplicativos de software utilizados durante todas as fases do ciclo de vida das obras de construção, incluindo briefing, design, documentação, construção, operação e manutenção, e de demolição. Ela promove a colaboração digital entre os intervenientes no processo de construção e fornece uma base para a troca de informações precisas e confiáveis, repetíveis e de alta qualidade.
12006-3: 2007	Um modelo de informação independente de linguagem que pode ser utilizada para o desenvolvimento dos dicionários usados para armazenar ou fornecer informações sobre trabalhos de construção. Ele permite que os sistemas de classificação, modelos de informação, modelos de objetos e modelos de processo a ser referenciado a partir de dentro de um quadro comum.
16739: 2013	Um esquema conceitual de dados e um formato de arquivo de troca de Building Information Model (BIM) de dados. O esquema conceitual é definido no EXPRESS linguagem de especificação de dados. O formato de arquivo de trocas comerciais padrão para troca e compartilhamento de dados de acordo com o esquema conceitual está usando a codificação de texto claro da estrutura de troca. Formatos de arquivo de troca alternativa pode ser usado se estiverem em conformidade com o esquema conceitual.

Fonte: Elaboração do autor a partir das normas citadas, 2017.

A buildingSMART apresenta três soluções de interoperabilidade como um processo integral (Figura 4): Industry Foundation Classes (IFC), como as normas comuns de intercâmbio de dados; Information Delivery Manual (IDM), como as normas de modelagem de processo integrado; e International Framework for Dictionaries (IFD), como a língua comum e os termos que codificam o objeto de construção (ARAYICI, 2015).

Figura 4: Soluções da buildingSMART para a interoperabilidade

Fonte: ARAYICI, 2015, p. 83.

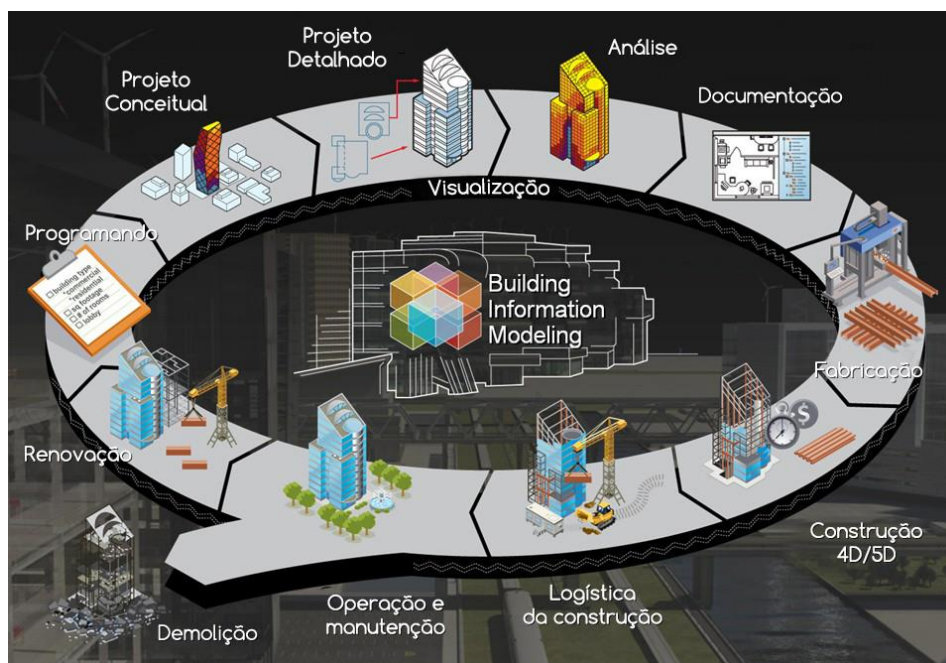
Nota: Tradução nossa.

Desenvolvido desde 1997, e passando por várias versões, o IFC “é o único modelo existente de dados públicos, não proprietário e bem desenvolvido para construções e arquitetura (EASTMAN et al., 2014). Ele é um padrão e em diversas partes do mundo está sendo formalmente adotado por vários governos e agências.

1.3 CICLO DE VIDA DA CONSTRUÇÃO

Atualmente, a interoperabilidade e as potencialidades dos diversos tipos de aplicativos de softwares BIM tem permitido, cada vez mais, que o modelo paramétrico 3D possa representar virtualmente uma construção, contemplando todas as fases do seu ciclo de vida (Figura 5). O BIM pode ser utilizado desde a elaboração do programa de necessidades, passando pelas fases de concepção do projeto de arquitetura e complementares, detalhamento dos projetos, simulações e análises da proposta, documentação, fabricação, planejamento e acompanhamento da obra, as built e compatibilização de projetos, manutenção e operação da obra, reforma, ampliação e demolição.

Figura 5: BIM no ciclo de vida da edificação



Fonte: Disponível em: <<http://rac.arq.br/o-que-e-bim/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.
Nota: Tradução nossa.

Durante o ciclo de vida da construção são usadas várias ferramentas BIM específicas (Quadro 2), e a cada mudança de fase, novas informações são acrescentadas ao modelo de construção. Durante esse processo, são diversas as

vantagens que o uso do BIM oferece aos projetistas, empreendedores e construtores, como a redução de custos, aumento da produtividade e melhoria na qualidade do produto, possibilidade de decisões mais rápidas e racionais baseadas em simulações.

Quadro 2: Fases do ciclo de vida da construção e ferramentas disponíveis.

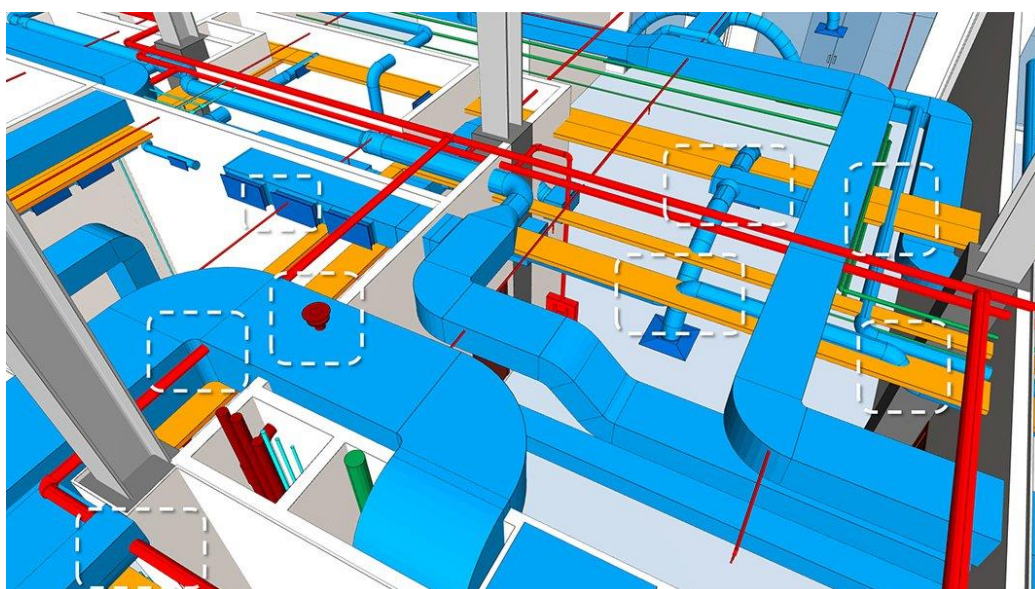
Fase do ciclo de vida da edificação (aplicação)		Ferramenta				
Estudo de Viabilidade		Trellingece Affinity Facility Composer				
Projeção	Arquitetura	Revi Architecture ArchiCAD Vectorworks Bentley Architecture Allplan				
		Conforto Ambiental	Autodesk Ecotect Analysis Green Building Studio Graphisoft Eco Designer Autodesk Project Vasari Energyplus DesignBuilder			
			Estrutura	Tekla Structure Revit Structure CAD/TQS Bentley Structure		
				Elétrica, Hidráulica/HVAC	Revit MEP Bentley – Building Electrical Systems MEP Modeler (ArchiCAD) Bentley Mechanical Systems DDS-HVAC	
					Gerenciamento de Projetos	Navisworks Synchro Solibri
						Planejamento da Construção / Construção
	Uso: Operação / Manutenção		ARCHIBUS CAFM Explorer Bentley Facilities			
		Requalificação / Demolição		As mesmas ferramentas da base de projeção		

Fonte: Elaboração do autor (2018), com base em Pereira (2013, p. 29).

No processo de desenvolvimento do modelo virtual, ao longo do ciclo de vida da construção e de acordo com o programa de necessidades, é possível explorar todas as dimensões do BIM – 3D, 4D, 5D, 6D e 7D – descritas a seguir.

A dimensão 3D é a representação em três dimensões em um mesmo ambiente virtual do projeto arquitetônico, estrutural e de instalações hidrossanitárias, elétricas, de ar-condicionado e outras, contendo as posições, dimensões, especificações e detalhes de cada componente construtivo. Com todos os projetos desenvolvidos em três dimensões há maior facilidade de compatibilização e de identificação de conflitos entre subsistemas, por exemplo, por meio do recurso de clash detection ou detecção de interferências⁵ (Figura 6).

Figura 6: Detecção de conflitos entre subsistemas prediais



Fonte: Disponível em: <<http://www.amsbim.com/clash-detection.html>>. Acesso em: 10 out. 2018.

Na dimensão 4D, por meio de aplicativos como MS Project ou Primavera, pode ser realizado o planejamento da obra, com elaboração de cronograma e animação gráfica sequencial da evolução da construção. A dimensão 5D refere-se à possibilidade de gerar tabelas de quantitativos e custos de materiais e componentes construtivos, a partir da vinculação do modelo projetado a códigos de preço como os

⁵ Outra capacidade importante dos modeladores 3D paramétricos é a de detecção de interferência entre objetos que compõem o modelo. Elas podem ser do tipo estritas (hard) como, por exemplo, uma tubulação de ar-condicionado que coincide com uma viga, ou do tipo brandas (soft) que pode ocorrer quando dois objetos que estão próximos precisam de espaço livre para realizar sua funcionalidade com qualidade e segurança, "como vergalhões numa armadura com espaçamento muito estreito para o agregado passar" (EASTMAN et al., 2014, p.45).

do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).

A dimensão 6D refere-se à possibilidade de realizar simulações visando elevar o desempenho do modelo, a partir de estudos de acústica, conforto térmico e iluminação, simulação do tipo CFD (Computational Fluid Dynamics) e outros. E a dimensão 7D está relacionada ao gerenciamento do ciclo de vida da construção, controlando planos de manutenção e prazos de garantia de equipamentos, além de permitir o armazenando dados de fornecedores e fabricantes.

Para Münch (2016), as dimensões do BIM variam de 3D a 7D, porém a nomenclatura e descrições relativas às dimensões (3D, 4D, 5D, ND...) do ciclo de vida da edificação e suas aplicações não são consenso entre pesquisadores de BIM⁶. Os conceitos expostos acima e adotados neste estudo estão resumidos no Quadro 3.

Quadro 3: Dimensões do BIM

Dimensão	Recursos	
3D Modelo	<ul style="list-style-type: none"> - Método digital; - Projeto em BIM; - Modo integrado (2D + 3D); - Gera documentação (plantas, cortes...). 	<ul style="list-style-type: none"> - Informação interligada; - Trabalho colaborativo; - Detecção de conflitos; - Execução planejada.
4D Tempo	<ul style="list-style-type: none"> - Fator tempo agregado; - Construção virtual; - Cronograma de obra; - Fases de execução. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estimativa quantitativo - Estimativa mão-de-obra; - Acompanhamento do avanço da obra.
5D Custos	<ul style="list-style-type: none"> - Fator custo agregado; - Estimativas detalhadas; - Extração de Quantitativos (associados a preços). 	<ul style="list-style-type: none"> - Custos matéria-prima; - Logística de execução; - Estimativa para todas as fases do ciclo de vida da construção.
6D Sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilidade de realizar simulações; - Análises de acústica; - Análises de conforto térmico e iluminação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análises do tipo CFD (Computational Fluid Dynamics).
7D Operação e Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> - Gerenciamento do ciclo de vida do edifício; - Gestão e operação de equipamentos; - Dados dos fabricantes vinculados ao modelo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Controle de garantias; - Planos de manutenção periódica.

Fonte: Elaboração do autor, 2017.

⁶ Para KAMARDEEN (2010), por exemplo, a dimensão 8D seria para a prevenção de acidente através do projeto, ou seja, referente à Segurança do Trabalho. Fonte: KAMARDEEN, Imriyas. 8D BIM modelling tool for accident prevention through design. In: Egbu, C. (Ed) Procs 26th Annual ARCOM Conference. Leeds, UK, Association of Researchers in Construction Management. 2010. p. 281-289.

1.4 NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO (LEVEL OF DEVELOPMENT – LOD)

Em cada fase de elaboração de um projeto, a construção virtual deve alcançar determinado nível de desenvolvimento. A medida em que a proposta avança, amplia-se a quantidade de detalhes e informações a serem inseridos no modelo. Visando estabelecer uma padronização para os projetos em BIM, o American Institute of Architects (AIA) estabeleceu o conceito de Level of Development (LOD).

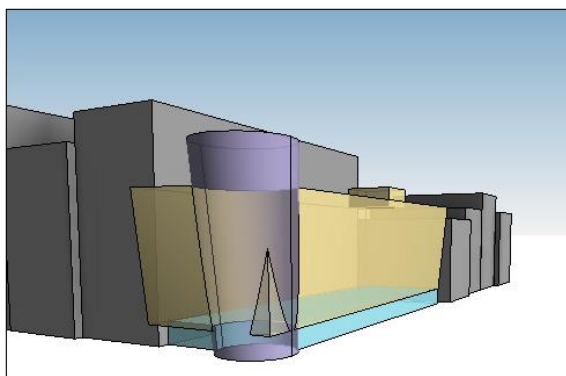
Embora existam outros modelos de classificação, atualmente muitos países, empresas e instituições têm utilizado o apresentado pela AIA, para nivelamento BIM em projetos. Devido sua maior aplicabilidade e uso, são adotados nessa pesquisa a classificação e conceito de Level of Development (LOD), apresentado pela AIA, para definir os níveis de graduação de um projeto desenvolvido com a tecnologia BIM.

No Document E203™ (AIA, 2013a) LOD é definido como um sistema de nivelamento para modelos BIM através de informações como dimensões mínimas, espaciais, quantitativas, qualitativas, entre outros dados. E no Document G202™ (AIA, 2013b) são estabelecidos cinco níveis de desenvolvimento (LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 e LOD 500), os quais são definidos através de requisitos mínimos a serem atingidos. Cada nível subsequente se baseia no nível anterior e inclui todas as características dos níveis anteriores.

1.4.1 LOD 100 – Estudo de Massa

Neste nível o modelo 3D é apresentado de forma abstrata ou por elementos conceituais (Figura 7), podendo ser retratado por símbolos ou outras representações genéricas, não podendo atingir os requerimentos apresentados no LOD 200.

Figura 7: Representação gráfica LOD 100



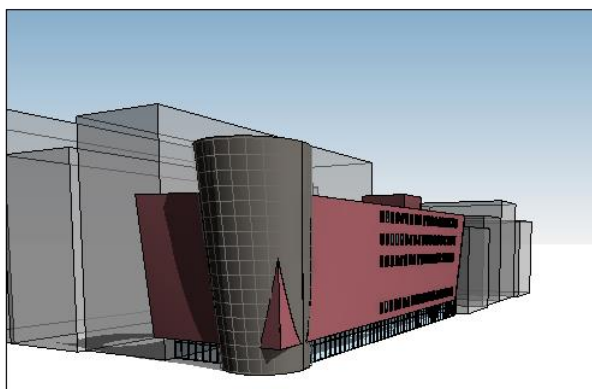
Fonte: Disponível em: <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2017/CSY/?guid=GUID-D06AACC6-EE9D-48A0-9FD2-320AC0A8BAAD>>. Acesso em: 04 de jan. 2018.

Seu uso pode se dar na análise de: a) volumes, área e orientação para aplicação de cálculos gerais; b) estimativa de custos que consideram área ou volume (exemplo: área a ser revestida); e c) determinação da duração aproximada para construção do projeto (AIA, 2013b).

1.4.2 LOD 200 – Geometria Aproximada

O modelo deve apresentar graficamente a estrutura geral, expondo parâmetros aproximados ao desejado, em quantidade, tamanho, localização e orientação. Pode apresentar também informações não gráficas. Elementos como esquadrias, paredes, cobertura e outros componentes básicos podem ser representados de forma genérica (Figura 8). Seu uso pode se dar na análise de: a) desempenho de sistemas através de critérios gerais atribuídos aos elementos representados em modelo; b) estimativa aproximadas de custos baseados em dados quantitativos existentes no projeto; e c) ordem de preferência entre elementos e sistemas (AIA, 2013b).

Figura 8: Representação gráfica de LOD 200



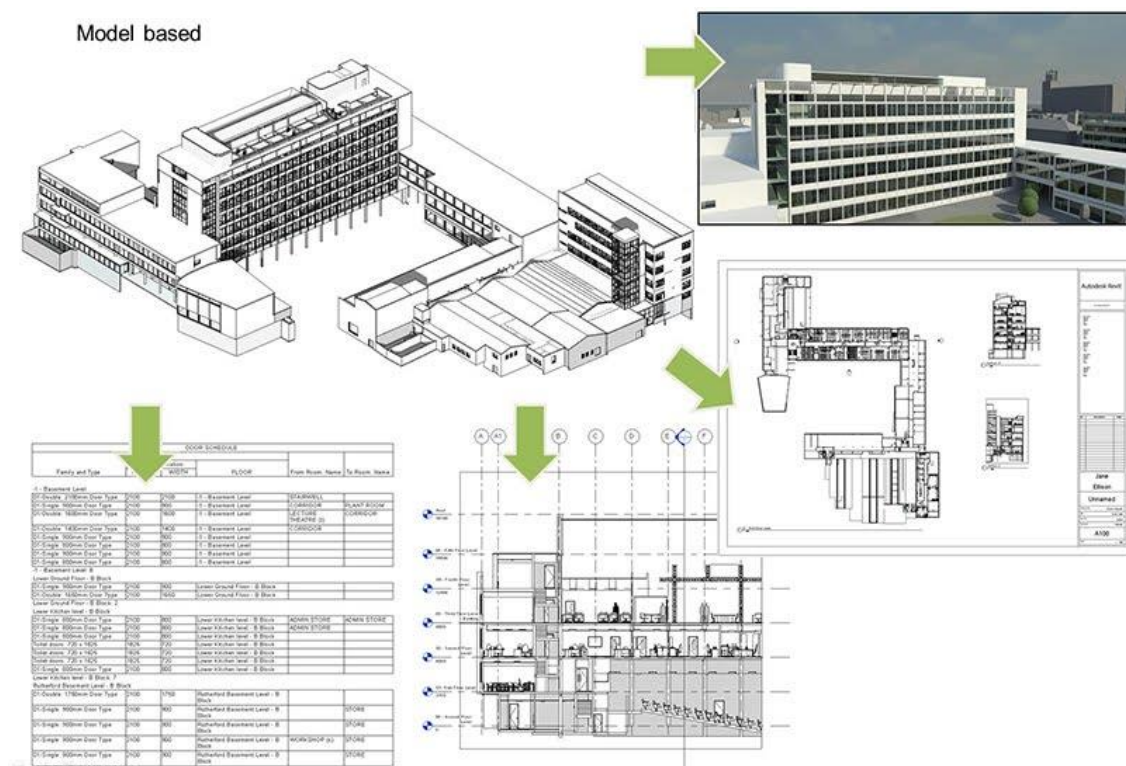
Fonte: Disponível em: <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2017/CSY/?guid=GUID-D06AACC6-EE9D-48A0-9FD2-320AC0A8BAAD>>. Acesso em: 04 de jan. 2018.

1.4.3 LOD 300 – Geometria Precisa

Neste nível, os modelos são apresentados por meios técnicos (Figura 9), constando informações precisas sobre quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e definições. Possibilitando o desenvolvimento de documentos para desenhos técnicos e tabelas com dados quantitativos e qualitativos de todo elemento ou estrutura utilizado no projeto. Seu uso pode se dar na análise de: a) desempenho de sistemas através de critérios específicos atribuídos aos elementos representados

em modelo; b) estimativa de melhores custos considerando os dados já fornecidos; e c) ordem de preferência entre elementos e sistemas de forma detalhada (AIA, 2013b).

Figura 9: Representação gráfica de LOD 300⁷



Fonte: Disponível em: <<http://www.openbim.org/case-studies/university-campus-facilities-management-bim-model?tmpl=system%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>>. Acesso em: 04 de jan. 2018.

1.4.4 LOD 400 – Fabricação

O elemento do modelo é representado graficamente de forma precisa e detalhada, contendo a quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e definições (Figura 10). São apresentados de forma discriminativa, os métodos e sistemas de construção, fabricação e instalação dos elementos encontrados em projeto. Seu uso pode se dar na análise de: a) desempenho de sistemas através de critérios reais atribuídos aos elementos representados em modelo; b) definição de custos reais e atuais com base nos elementos apresentados no projeto; e c) ordem de preferência entre elementos e sistemas de forma detalhada considerando os meios e métodos construtivos (AIA, 2013b).

⁷ A figura (inclusive quadros e pranchas) tem caráter ilustrativo.

Figura 10: Representação gráfica de LOD 400



Fonte: Disponível em: <<http://www.srinsofttech.com/bim-level-of-development-lod-300-400-500.html>>. Acesso em: 04 de jan. 2018.

1.4.5 LOD 500 – As Built

Neste nível o modelo 3D deve ser a representação verificada de uma construção executada em termos de quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e definições (Figura 11). Apresentando informações que o caracterizam como as built, favorecendo correções ou modificações futuras na edificação (AIA, 2013b).

Figura 11: Representação gráfica de LOD 500



Fonte: Disponível em: < <http://www.mapdata.com.br/bim-building-information-module/>>. Acesso em: 04 de jan. 2018.

O nível de completeza da construção virtual, em cada fase, dependerá das definições necessárias em cada etapa, dos dados disponíveis, dos objetivos imediatos (aplicações) e do investimento que se pretende realizar (PEREIRA, 2013).

1.5 INTEGRAÇÃO DE PROJETOS

O campo do Projeto de Arquitetura integra vários tipos de conhecimento, oriundos de diferentes subáreas, como tecnologia da construção, conforto ambiental, paisagismo, ergonomia, entre outras. Como ferramenta de integração, os aplicativos BIM têm o potencial de facilitar a resolução de muitos problemas relacionados com várias interfaces.

Ainda que a ideia de uma prática de projeto integrado devesse ser inerente à indústria da construção civil, observa-se que muito comumente pouca articulação entre as fases de programa, projeto, construção e operação. Mesmo durante a fase de projeção é comum a falta de integração entre os projetos das diversas disciplinas, como arquitetura, estrutura, instalações etc.

Nesse sentido, Kowaltowski et al. (2013), observa que, tradicionalmente, a integração acontece somente após a etapa da concepção arquitetônica. Questões relacionadas à engenharia e aos custos, por exemplo, em geral, são discutidas posteriormente à fase da concepção arquitetônica, quando então várias decisões já foram tomadas, limitando, portanto, a atuação dos demais projetistas.

Marsh (1997 apud Kowaltowski et al., 2013) recomenda-se que os projetistas trabalhem o projeto integrado já nas etapas iniciais de concepção. Assim, Trelidal (2008) pressupõe um processo multidisciplinar de tarefas de projeto, no qual, equipes de projetistas perseguem continuamente, em busca da otimização, uma série de metas de projeto.

O uso do BIM dentro de uma prática integrada, nesse sentido, é responsável por aumentar a interoperabilidade entre softwares utilizados nos diferentes tipos de projeto, auxiliando na colaboração entre os projetistas, construtores e fornecedores. Além disso, para Kowaltowski et al. (2013), é um importante instrumento para tomada de decisões, que melhora o gerenciamento e o controle do fluxo da informação, dentro do processo de projeto.

Conforme Trelidal (2008) embora não seja considerado condição para implementação de uma prática integrada, o BIM é um “potencializador”, que pode melhorar significativamente sua eficiência. Uma prática integrada, se não é condição

fundamental do uso do BIM, é o meio pelo qual é possível chegar ao estágio BIM mais avançado.

1.6 ESTÁGIOS DE MATURIDADE BIM

Em relação à consolidação do BIM na AECO, diversos autores apontam três categorias para identificar estágios referentes às mudanças que vem ocorrendo nos processos, tecnologias e estruturas das equipes de trabalho. Succar (2009), por exemplo, apresenta um modelo de maturidade onde estabelece critérios e requisitos para qualificar o estágio de implementação do BIM nas empresas. A avaliação da maturidade do BIM inclui componentes de TPP (tecnologia, processo e política). Descreveremos a seguir os estágios, que são classificados em três graus fixos, além das fases Pré-BIM – que representa o *status* da indústria antes da implementação do BIM – e a fase IPD (Integrated Project Delivery - Entrega do Projeto Integrado) que denota o objetivo final da implementação do BIM (Figura 12).

Figura 12: Visão linear dos estágios de maturidade BIM, dividida em três fases.



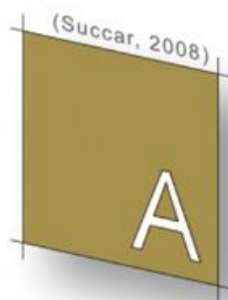
▪ Pré-BIM

É caracterizada pelo baixo investimento em tecnologia e falta de interoperabilidade. Nesta fase, em que a colaboração não é priorizada, o autor descreve que

[...] muita dependência é colocada na documentação 2D para descrever uma realidade em 3D [...] mesmo quando algumas visualizações em 3D são geradas, elas são muitas vezes desarticuladas e dependentes de documentação e detalhamento bidimensionais (SUCCAR, 2009, p. 364, tradução nossa).

Além disso, estimativas de custos e especificações geralmente não são derivadas do modelo de visualização, nem vinculadas à documentação; e o fluxo de trabalho é assíncrono e linear (Figura 13).

Figura 13: Estágio Pré-BIM.



Fonte: SUCCAR, 2009, p. 364.

▪ **BIM – Estágio 1 (Modelagem)**

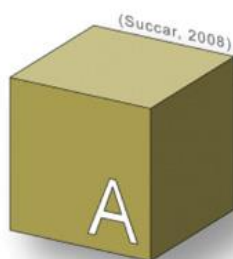
Neste estágio (Figura 14), a implementação do BIM inicia-se com a implantação de software paramétrico 3D baseado em objeto, como ArchiCAD®, Revit®, Digital Project® e Tekla®.

O autor destaca que as práticas colaborativas no estágio 1 são semelhantes ao *status* pré-BIM e não há intercâmbios significativos baseados em modelos entre diferentes disciplinas.

Os produtos comumente gerados por esses modelos são: criação automática de desenhos, compatibilização de projetos, visualizações 3D e tabelas simples de quantitativos. O intercâmbio de dados entre os agentes do projeto é unidirecional e a comunicação continua sendo assíncrona e desarticulada.

No entanto, o autor argumenta que, com a implementação da Etapa 1, as equipes reconhecerão os potenciais benefícios da tecnologia e tal reconhecimento e ação subsequente levará à próxima fase: colaboração baseada em modelo (SUCCAR, 2009).

Figura 14: Estágio BIM-1 (Modelagem).



Fonte: SUCCAR, 2009, p. 364.

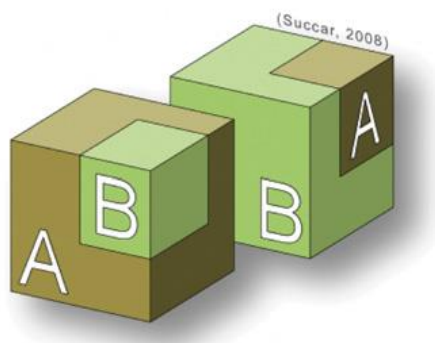
▪ BIM – Estágio 2 (Colaboração baseada em Modelos)

Tendo adquirido conhecimentos e desenvolvido habilidades de modelagem de durante o estágio anterior, os agentes do Estágio 2 (Figura 15) podem colaborar ativamente com equipes de outras disciplinas, através da troca de arquivos em formatos proprietários ou de exportações no formato IFC entre softwares em BIM.

Essa colaboração, conforme Succar (2009), pode ocorrer dentro de uma ou duas fases do ciclo de vida do edifício, com a troca entre modelos de projeto ou de fabricação ou de manutenção. O autor destaca que apenas um modelo colaborador precisa armazenar dados geométricos em 3D para permitir o intercâmbio semântico entre duas disciplinas, o que permite a geração de estudos 4D (análise de tempo) e 5D (estimativa de custo).

Neste estágio de maturidade, as comunicações entre agentes continuam a ser assíncronas, e algumas alterações contratuais se tornam necessárias à medida que as trocas baseadas em modelo aumentam e começam a substituir fluxos de trabalho baseados em documentos.

Figura 15: Estágio BIM-2 (Colaboração baseada em Modelos).



Fonte: SUCCAR, 2009, p. 364.

Manzione (2013, p. 147) acrescenta que neste nível, “a granularidade da informação tende a aumentar na medida em que o modelo BIM vai evoluindo e substituindo os modelos mais simplificados feitos nas fases iniciais do projeto”.

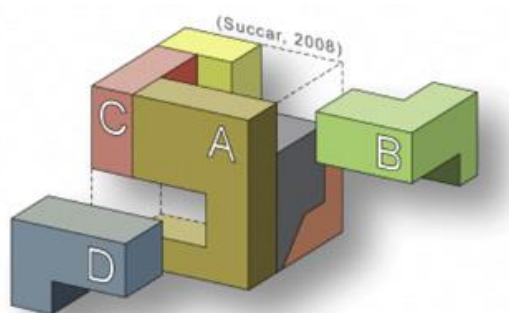
▪ BIM – Estágio 3 (Integração baseada em Rede)

Nesta fase, que Succar (2009, p. 365) classifica como “semanticamente rica”, os modelos integrados são criados, compartilhados e mantidos de forma colaborativa, durante todo o ciclo de vida do projeto. Essa integração pode ser alcançada através

do uso de diversas tecnologias, como os servidores de modelo, utilizando formatos proprietários, modelos centrais ou bancos de dados federados.

O estágio 3 (Figura 16) caracteriza-se pela troca interdisciplinar de modelos, permitindo análises mais complexas do desempenho do edifício, incluindo princípios de *lean construction*, políticas ecológicas e cálculo de custos do ciclo de vida do edifício. Do ponto de vista do processo, as trocas síncronas de modelos BIM ocasionam a sobreposição das fases do ciclo de vida do projeto, formando o que o autor denomina um “processo sem fase” (SUCCAR, 2009, p. 365).

Figura 16: Estágio BIM-3 (Integração baseada em Rede).



Fonte: SUCCAR, 2009, p.365.

Neste sentido, o estágio de maturidade classificado como 3, denota um modelo de integração que pode ser definido como "construção simultânea ", usado quando

Todas as atividades do projeto são integradas e todos os aspectos do projeto, construção, e a operação estão simultaneamente planejados para maximizar o valor de funções objetivas, ao mesmo tempo em que otimiza a construtibilidade, operabilidade e segurança (JAAFARI, 1997 apud SUCCAR, 2009, p. 365, tradução nossa).

O autor conclui afirmando que, a implementação do BIM-Estágio 3 requer uma reconsideração importante quanto às relações contratuais, modelos de alocação de riscos e procedimentos. O pré-requisito para todas essas mudanças é a maturidade de tecnologias de rede/software, que permitem o compartilhamento interdisciplinar de modelos, para fornecer acesso bidirecional aos agentes envolvidos no projeto. A maturidade de todas essas tecnologias, processos e políticas eventualmente poderá facilitar a implantação do estágio IPD (Integrated Project Delivery - Entrega do Projeto Integrado), a ser descrito a seguir.

- **IPD (Integrated Project Delivery - Entrega do Projeto Integrado)**

O termo representa o objetivo final do BIM e, a longo prazo, representa o estágio mais avançado de sua implementação. Este estágio aborda a integração de

[...] pessoas, sistemas, estruturas comerciais e práticas em um processo que colaborativamente aproveita o talentos e ideias de todos os participantes para otimizar os resultados do projeto, aumentar o valor para o proprietário, reduzir o desperdício e maximizar a eficiência através de todas as fases de projeto, fabricação e construção (AIA, 2007 apud SUCCAR, 2009, p. 365, tradução nossa).

Neste estágio, os projetos se distinguem por uma colaboração altamente eficaz entre proprietário, arquiteto e construtor, dentro de um processo altamente automatizado, associado a tecnologias adequadas, durante todas as fases do ciclo de vida do projeto.

Esse Capítulo, conforme apresentado inicialmente, visa a esclarecer os principais conceitos da tecnologia BIM e compõe junto com o capítulo seguinte o referencial teórico deste estudo. A elaboração adequada dos instrumentos de pesquisa, o levantamento dos dados empíricos e a fase de análise, por exemplo, pressupõem a compreensão da base teórica apresentada.

2 PROCESSOS DE PROJETO

Partindo-se da premissa de que os escritórios de arquitetura do contexto abordado têm diferentes metodologias de projeto e variados níveis de implantação do BIM, faz-se necessário apresentar uma descrição tanto do processo de projeto tradicional quanto do processo de projeto arquitetônico com o BIM. É relevante também aprofundar o conhecimento teórico sobre os processos colaborativos entre escritórios de arquitetura e engenharia, que é a temática principal desse estudo.

2.1 PROCESSO DE PROJETO TRADICIONAL

Segundo Lawson (2011) “o processo de projeto que conhecemos em tempos recentes não surgiu como resultado de um planejamento cuidadoso e voluntário, mas como reação a mudanças no contexto social e cultural mais amplo em que se projeta” (LAWSON, 2011, p. 34). Nessa perspectiva, é apresentado a seguir um breve recorte temporal buscando contextualizar e compreender práticas atuais do processo de projeto arquitetônico.

Florio (2007) cita que, a partir da década de 1960, começou-se a discutir como o profissional de projeto cria e desenvolve ideias. Nesse período houve o desenvolvimento dos estudos em métodos de projeto, que tiveram uma forte influência de conhecimentos oriundos de diversas áreas como Engenharia, Ergonomia, Matemática e Computação (KOWALTOWSKI, 2013, p. 83).

Na tentativa por compreender e facilitar o desenvolvimento do ofício, no campo da arquitetura, diversos pesquisadores e instituições buscaram mapear o processo de trabalho de arquitetos e propor técnicas e modelos de processo de projeto. Assim, diversos métodos foram criados e aplicados especificamente à arquitetura, cabendo a Jones (1971) “classificá-los sob três pontos de vista: o da criatividade, o da racionalidade e o do controle do processo de projeto” (JONES, 1971 apud KOWALTOWSKI, 2013, p. 85):

No ponto de vista da criatividade, o autor usa o conceito da caixa preta, pois o processo de projeto é decorrente do pensamento do projetista e, de certa forma, está fora do próprio controle consciente. [...] No ponto de vista da racionalidade, o autor usa o conceito da caixa de vidro, com um processo racional e que pode ser explicado. O projetista atua com pleno conhecimento do que faz, em que momento faz e por qual motivo.

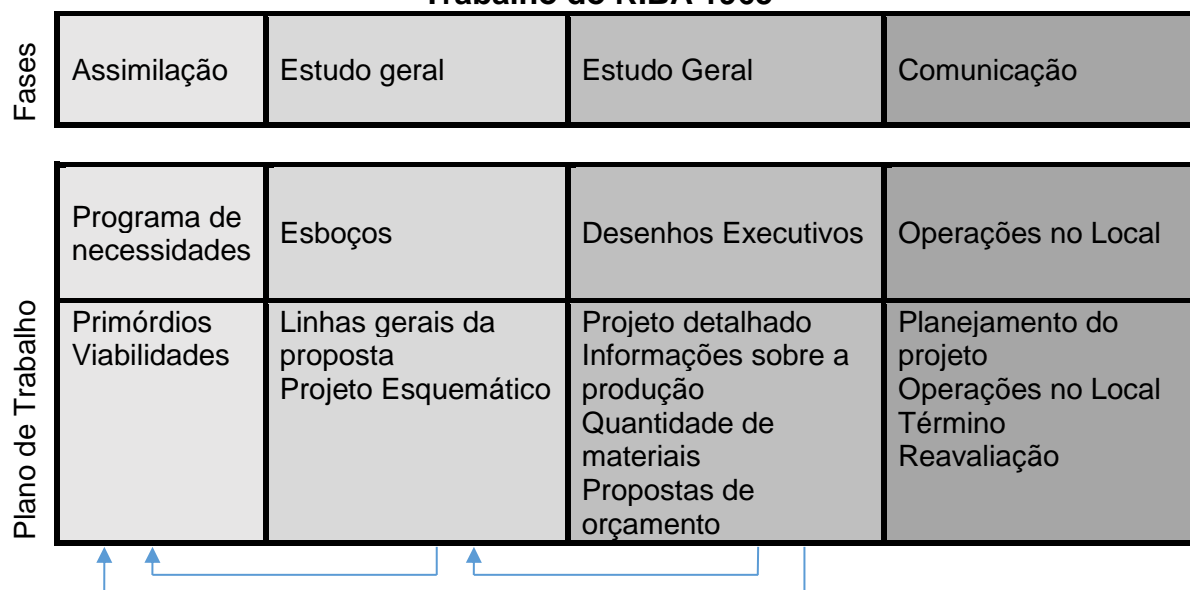
Os métodos de projeto do ponto de vista do controle do processo de projeto são uma forma de criar um sistema auto-organizado, capaz de

“substituir a busca cega de alternativas por uma busca inteligente” [...] o esforço de projeto é dividido entre a busca de uma solução adequada e o controle e a avaliação dos padrões de busca (JONES, 1971 apud KOWALTOWSKI, 2013, p. 85).

Um dos métodos de processo de projeto arquitetônico proposto na década de 1960 foi o do Royal Institute of British Architects (RIBA). O Plano de Trabalho do RIBA é um modelo definitivo britânico para o projeto e processo de construção de edifícios, com influência internacional significativa, servindo tanto para a profissão do arquiteto como para a indústria da construção (Figura 17). O processo apresenta quatro fases não necessariamente sequenciais. As quatro fases são:

- **Assimilação:** acúmulo e organização de informações gerais e especificamente ligadas ao problema em mãos;
- **Estudo Geral:** exame da natureza do problema. Investigação de possíveis soluções ou meios de solução;
- **Desenvolvimento:** desenvolvimento e refinamento de uma ou mais soluções possíveis isoladas durante a 2ª fase;
- **Comunicação:** a comunicação de uma ou mais soluções aos que estão dentro ou fora da equipe do projeto.

Figura 17: Mapeamento do processo de projeto de acordo com o Plano de Trabalho do RIBA 1965

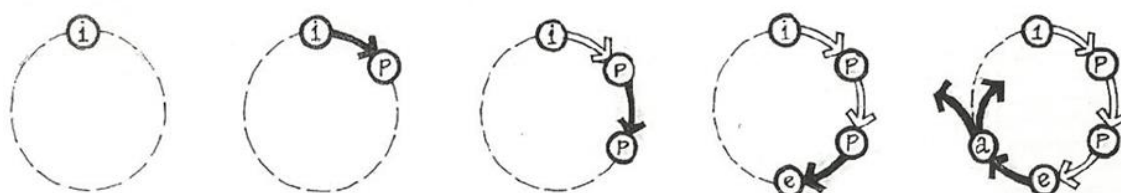


Fonte: OLIVEIRA (2013, p. 32 - Adaptado de RIBA apud Lawson 2011).

Para Snyder e Catanese (1984, p. 160) o processo de projeto inclui cinco passos para resolver os problemas em sequência:

- **Iniciação:** “envolve o reconhecimento e a definição do problema a ser resolvido”;
- **Preparação:** “inclui a coleta e a análise de informações sobre o problema a ser resolvido”. O produto dessa atividade é o programa de necessidades, que geralmente inclui um relato estrito resumindo as necessidades de um projeto;
- **Confecção de proposta:** é a fase de busca da solução do projeto, da geração de ideias. Mas “as ideias válidas podem vir a qualquer momento no processo de projeto, desde o primeiro encontro até o fim”;
- **Avaliação:** “envolve a comparação das soluções propostas do projeto com as metas e critérios resultantes do estágio de programação”, podendo ocorrer em diversas escalas e incluir uma grande variedade de participantes;
- **Ação:** que inclui atividades associadas com a preparação e a implementação de um projeto (Figura 18). Esse é momento de resolução dos documentos de construção que “incluem os desenhos construtivos e especificações para o edifício” (SNYDER E CATANESE, 1984, p. 160-168).

Figura 18: Os cinco passos do processo de projeto: iniciação, preparação, confecção da proposta, avaliação e ação.



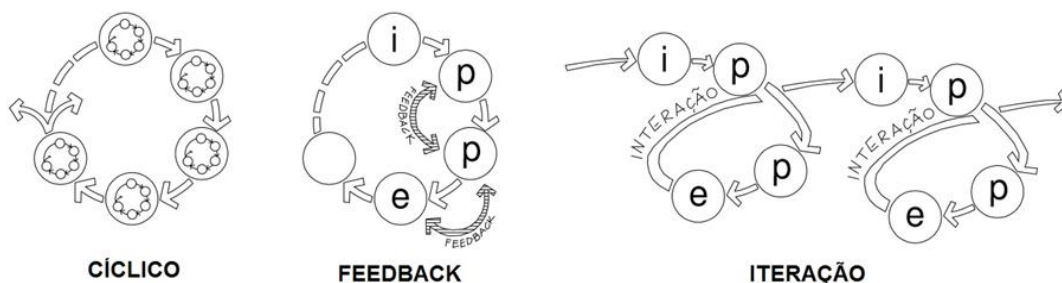
Fonte: SNYDER E CATANESE, 1984, p. 166.

No processo de projeção apresentado por Snyder e Catanese (1984), para resolução dos problemas na sequência, embora cada projetista desenvolva sua forma de trabalho, durante os cinco passos do processo ocorrem procedimentos típicos – os ciclos, feedback e iteração (Figura 19):

Primeiro o processo é cíclico. Isto é, um projetista pode passar rapidamente pela sequência, no advento de um projeto, para gerar uma série de propostas limitadas ou preliminares. [...] A palavra feedback também descreve a natureza cíclica do processo. Novas informações fazem o projetista reconsiderar a informação existente à proporção que a proposta progride. Segundo, o processo é interativo. O projetista percorre os ciclos determinando número de vezes; cada

ciclo incorpora um número maior de informações e a síntese se torna mais sofisticada. Iterações sucessivas convergem para a solução mais satisfatória (SNYDER E CATANESE, 1984, p. 169-170).

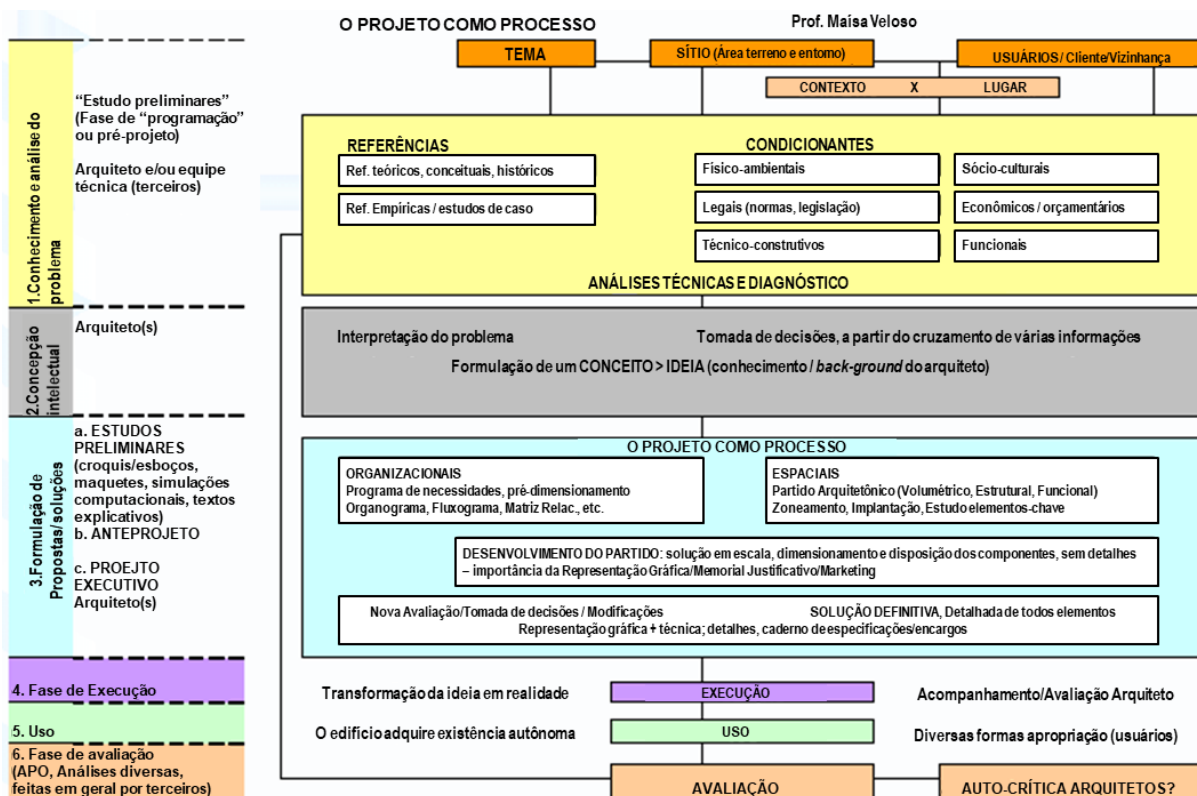
Figura 19: Processos de projeto cíclico, feedback e iteração.



Fonte: SNYDER E CATANESE, 1984, p. 170.

Segundo Veloso (2001) o processo de projeção em arquitetura compreende seis momentos (fases) de desenvolvimento das atividades (Figura 20):

Figura 20: Modelo de processo de projeto proposto por Veloso (2001)



Fonte: Anotações de aula da disciplina: MTPA/PPGAU/UFRN (VELOSO, 2001).

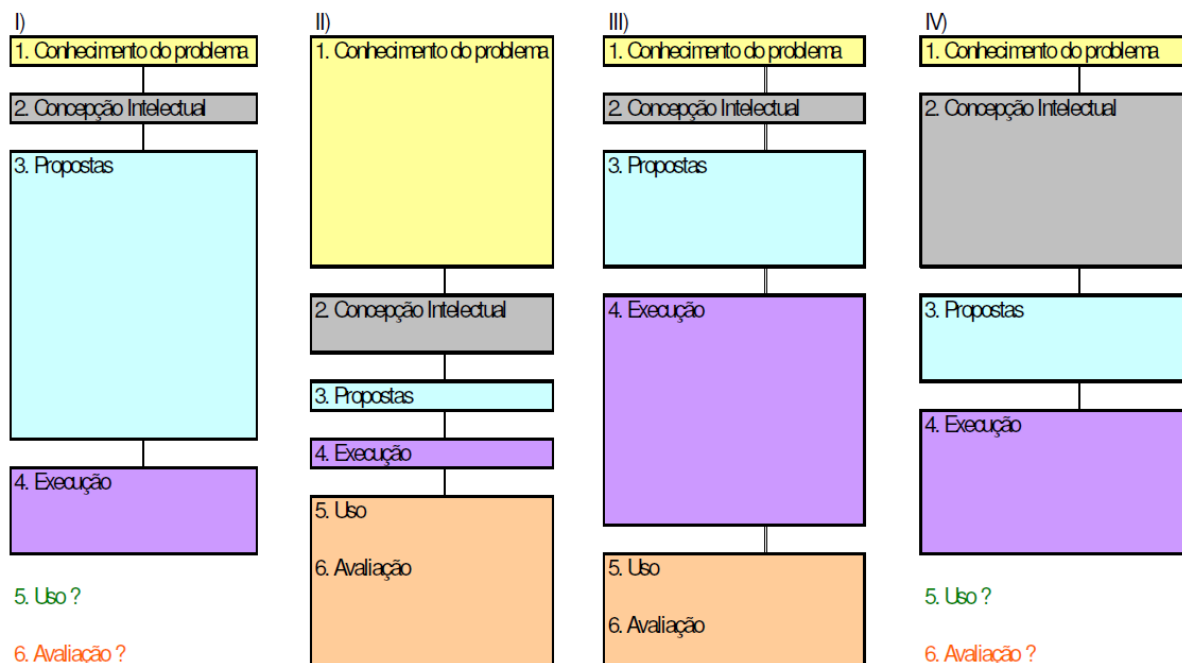
Nota: a imagem foi editada para tornar os textos legíveis.

Estas fases estão descritas a seguir:

- **Conhecimento e a análise do problema:** ocorre quando o arquiteto e a equipe técnica (terceiros) procuram: i) referências conceituais e históricas, bem como empíricas, com base em estudos de casos precedentes; ii) entendimento dos condicionantes físico-ambientais, legais (normas/legislação), técnico-construtivos, socioculturais, econômico-orçamentários e funcionais; iii) Análises técnicas e diagnósticos – uma fase inicial do processo que interage com a última etapa da avaliação.
- **Concepção intelectual:** caracteriza-se pela interpretação de problemas, tomadas de decisões a partir do cruzamento de várias informações e formulação de um conceito (ou ideia geral).
- **Formulação de propostas e soluções:** concretiza-se nos estudos preliminares (croquis, esboços, maquetes, simulações computacionais e textos explicativos), anteprojeto e projeto executivo. Diversos recursos são utilizados nessa fase de projeção propriamente dita, agrupados por Veloso (2001) em quatro categorias: i) organizacionais; ii) espaciais; iii) o desenvolvimento do partido; iv) os procedimentos finais.
- **Fase de execução:** consiste na transformação da ideia em realidade concreta, o que requer o acompanhamento e a avaliação do arquiteto sobre os pormenores da execução de sua própria obra.
- **Uso:** implica o momento em que o edifício adquire existência autônoma e abriga diversas formas de apropriação pelos usuários (algumas delas não previstas).
- **Avaliação pós-uso:** momento de autocrítica do arquiteto e/ou da crítica de terceiros, sejam eles leigos ou especialistas, por meio de abordagens como a Avaliação Pós-Ocupação (APO).

Cada fase do processo de elaboração do projeto pode variar dependendo do tipo do projeto a ser desenvolvido. Essas variações modificam-se em função de interesses, conhecimentos e objetivos, alterando, também, o tempo dedicado a cada fase do processo conforme mostra a Figura 21 a seguir (VELOSO, 2001 apud SILVA, 2012, p. 60-61).

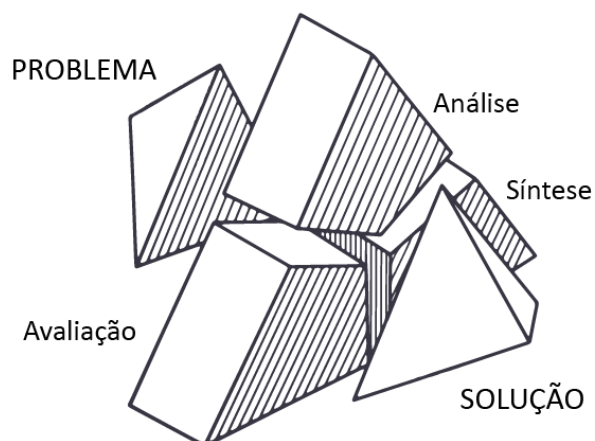
Figura 21: Esquema relações topológicas da importância dada pelos arquitetos a cada uma das fases do projeto.



Fonte: VELOSO, 2001 apud SILVA, 2012, p. 62.

Ao examinar mapeamentos do processo de projeto de arquitetura, Lawson (2011) verificou que o processo de projeção não ocorre de forma totalmente linear seguindo etapas predefinidas – a ideia de processo como sequência para ele é bem pouco convincente, na realidade é mais confusa. Segundo Lawson (2011), “o mais provável é que projetar seja um processo no qual problema e solução surgem juntos” (LAWSON, 2011, p. 55). O mapeamento do autor procura mostrar a negociação entre problema e solução, um como reflexo do outro em que, “[...] sem dúvida as atividades de análise, síntese e avaliação estão envolvidas nessa negociação, mas o mapeamento não indica pontos de partida e de chegada nem a direção do fluxo de uma atividade a outra” (LAWSON, 2011, p. 55), conforme Figura 22.

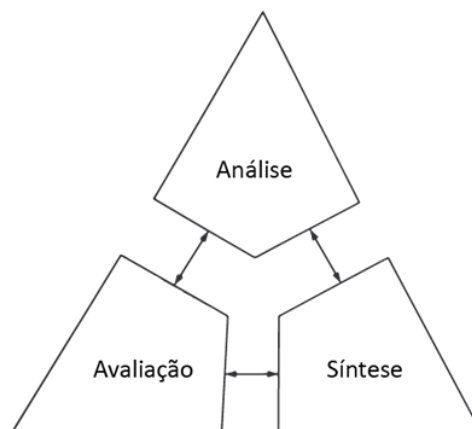
Figura 22: O processo de projeto visto como negociação entre problema e solução por meio das três atividades de análise, síntese e avaliação



Fonte: LAWSON, 2011, p. 55.

O autor apresenta também a proposta de mapeamento representando o ciclo de uma sequência de decisões, segundo ele, uma representação mais honesta do processo de projeto, compreendendo as fases de análise, síntese e avaliação (Figura 23).

Figura 23: "Representação gráfica mais honesta do processo de projeto".



Fonte: LAWSON, 2011, p. 47.

De acordo com Kowaltowski et al. (2013, p. 87-90), embora essa representação gráfica demonstre um modelo esquemático, “é flexível, adaptável a diferentes processos de projeto e aborda as sequências essenciais do projeto de forma contínua e articulada [...]”. Os autores verificam que na literatura vários outros pesquisadores

consideram como essenciais a qualquer processo de projeto arquitetônico as fases de análise, síntese e avaliação, definidas por Kowaltowski et al. (2013) como:

A análise constitui a fase de identificação dos principais elementos que compõem o problema de projeto. Nela são definidos: as principais metas e objetivos que o projeto deve alcançar; os principais critérios de desempenho do edifício; as principais restrições; possíveis impactos das soluções para os usuários, clientes e localidades etc.

A síntese está associada à fase criativa dos estágios de decisão. Nessa fase, os arquitetos concebem as ideias e possíveis soluções que atendam aos objetivos e satisfaçam às restrições e oportunidades observadas na etapa de análise.

A fase de avaliação visa garantir que uma solução proposta seja a mais aceitável. Para tanto, procura detectar deficiências no projeto antes da produção, venda e uso, quando as alterações tornam-se progressivamente mais demoradas e caras. Na avaliação, a solução proposta é comparada com as metas, restrições e oportunidades que o projeto deveria atender, detectadas na fase de análise do problema de projeto (KOWALTOWSKI et al., 2013, p. 88-90).

Para Kowaltowski et al. (2013, p. 91), o sucesso da articulação da sequência de decisões depende da qualidade da comunicação, que é o elo entre as fases, permitindo que os participantes sejam informados sobre a evolução das metas, soluções e avaliações. Ela consiste na troca de informações entre as fases da sequência de decisões, que pode ocorrer por meio de instrumentos como a representação, expressa por desenhos, perspectivas, modelos, especificações anotações e outros.

Um aspecto relevante a ser lembrado no processo de projeto do processo de projeto tradicional é quanto ao uso das tecnologias digitais na elaboração dos projetos. Segundo Menezes (2011) os países desenvolvidos começaram a implantar a cultura do CAD na década de 1970, tendo início no Brasil apenas 20 anos depois, tanto na prática da arquitetura como no ensino.

Assim, desde a década de 1990, as ferramentas digitais CAD são empregadas no processo de projeto tradicional. Entretanto, conforme visto anteriormente, a inserção do CAD no processo de projeto não mudou de maneira significativa a forma de trabalho dos arquitetos. A representação dos projetos foi facilitada, com a substituição das pranchetas pelo computador, mas a forma de colaboração, por exemplo, é sequencial. Os recursos CAD pouco estimulam o processo de projeto colaborativo da equipe, ao contrário do que propõe as ferramentas digitais atualmente disponíveis.

2.2 PROCESSO DE PROJETO COM O BIM

Com a tecnologia de modelagem paramétrica e a interoperabilidade, o BIM possibilita mudanças significativas na integração da equipe de trabalho, alterando o processo de projeção. No meio virtual do BIM, há uma antecipação dos esforços e tomada de decisões dos vários especialistas. À medida que o modelo de informação da construção é elaborado, as informações são inseridas e compartilhadas em um modelo único que gradativamente passa a ser a representação virtual da construção, e a referência única para todo o processo de projeto, ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Uma das principais características que o BIM apresenta é a capacidade de potencializar a colaboração entre os diversos agentes participantes envolvidos na modelagem de informação da construção nas diversas fases do ciclo de vida da edificação. Como o modelo deve apresentar todas as informações necessárias e compatibilizadas para atender ao escopo definido inicialmente, a colaboração entre os diversos agentes é relevante. O processo de modelagem de informação da construção fomenta o trabalho colaborativo entre os diversos especialistas. Para Eastman et al. (2014), o BIM embora não seja condição para uma prática integrada é um potencializador.

Durante esse processo, especialistas de diferentes disciplinas, e com habilidades diversas, podem trabalhar concomitantemente, compartilhando informações, inserindo e alterando dados ou aspectos da proposta, tornando o processo de projeto mais colaborativo e integrado, facilitando as atividades de gestão e a avaliação. “Essa capacidade de gestão e avaliação dos vários aspectos do empreendimento permite, por meio da tecnologia, tratar o projeto verdadeiramente como multidimensional” (RUSCHEL et al., 2010, p. 138).

Contudo, “Uma das principais contribuições para o processo de projeto com o BIM vem com a incorporação, ainda na etapa conceitual, das avaliações das soluções de projeto” (KOWALTOWSKI et al., 2013, p. 438). Há muitas ferramentas (softwares) que avaliam as soluções de projeto durante a fase de desenvolvimento da proposta, como Solibri, Trelligence, NavisWork e Space Planning Tool. Esses softwares permitem verificar se o modelo atende aos requisitos e metas de desempenho fixados no programa de necessidades. “É nessa fase do projeto que as decisões arquitetônicas tomadas influenciam mais o custo, o desempenho e a qualidade da edificação” (KOWALTOWSKI et al., 2013, p. 439).

Das interações entre a tecnologia associada ao BIM e processo de projeto, a principal delas “é a mudança das formas de aquisição do conhecimento no processo de projeto, ou seja, no processo particular de solução de problemas” (RUSCHEL et al., 2010, p. 138). Desse modo, para Ruschel et al. (2010), “a tecnologia BIM não se resume a uma forma de representação posterior às atividades de criação ou síntese, mas se configura como uma tecnologia que modifica a própria forma de desenvolver a dinâmica de projetar” (Ibid., p. 139).

De acordo com a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA), apesar da vivência brasileira de implantação do BIM ainda está na fase inicial, já se percebe que

[...] as fases tradicionais de projeto relacionadas ao processo CAD e como descritas na NBR 13531-95 não se adequam com facilidade aos fluxos e à necessidade de troca de informação em um processo BIM. As experiências com trabalhos realizados em BIM mostram que os cronogramas de projeto se alteram, tanto no prazo quanto na distribuição das tarefas” (ASBEA, 2015, p. 12).

De forma sucinta, e considerando o processo de implantação do BIM no Brasil, a AsBEA resume como ocorre o processo de projeção no contexto da modelagem de informação da construção:

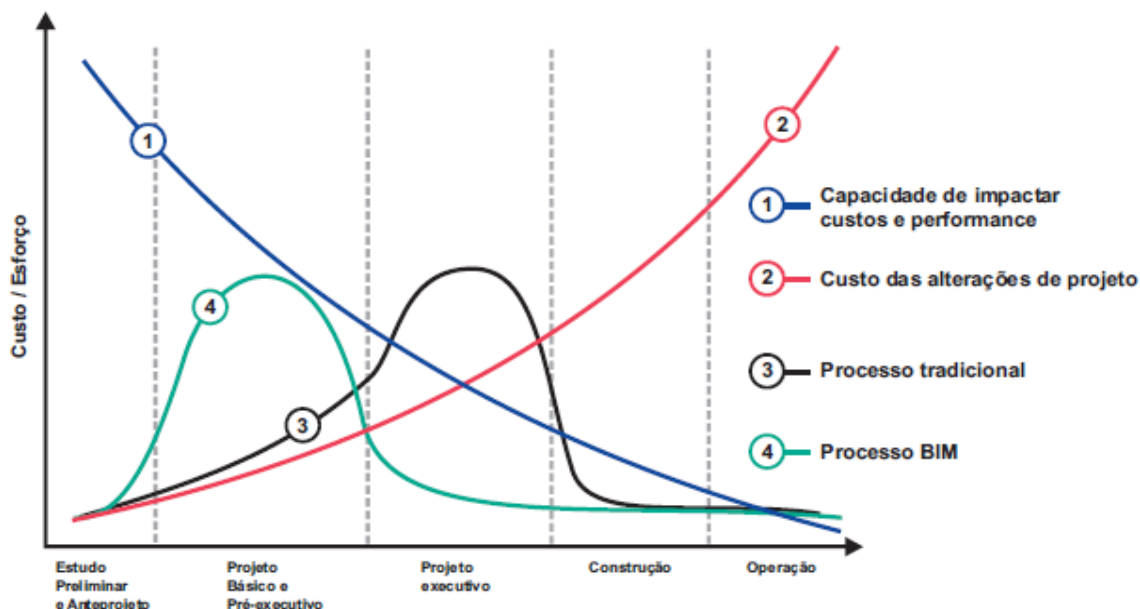
Dentro do processo BIM, o planejamento do desenvolvimento dos projetos deve ser modificado para atender ao fluxo de informação necessário no processo BIM.

Existe uma antecipação das decisões de projeto de fases futuras para fases iniciais. Um volume maior de decisões é tomado nos primórdios da concepção. Em contrapartida, a extração de documentos de projeto, na forma como estávamos acostumados, passa a acontecer após um amadurecimento maior dos modelos. Em resumo, um estudo de viabilidade terá mais informação do que tínhamos normalmente, o estudo preliminar é praticamente um anteprojeto, e o projeto básico é meramente uma transição para o detalhamento dos projetos no projeto executivo (Ibid.).

Para alguns autores, o processo de desenvolvimento do artefato arquitetônico com a utilização de ferramentas BIM, gera economia de tempo, redução dos esforços e mais qualidade e facilidade de opções de propostas. Por outro lado, à medida que o desenvolvimento do modelo avança, realizar modificações no projeto fica mais oneroso, e como no ambiente 3D paramétrico a maior parte das decisões são antecipadas, a necessidade de mudanças ocorre mais cedo, tendo como consequência a redução de esforços e custos durante o processo de projeto (Figura

24). Essa é uma das grandes vantagens do processo de projeto com o BIM em relação ao processo tradicional.

Figura 24: Curva de esforço (Patrick Macleamy curve).



Fonte: ASBEA, 2015, p.13.

Ao analisarem, no período entre 2010 e 2015, o processo de projeto em três escritórios de arquitetura na cidade de Porto Alegre/RS, Cornetet e Florio (2015) verificaram que, devido ao estágio inicial de implantação do BIM nesses escritórios, as vantagens apresentadas são principalmente relacionadas ao controle das informações geométricas na fase de projeto executivo, reduzindo o tempo dedicado às correções. Mas através dos dados observados, os autores afirmam que “o BIM não acelera o processo projetual dos escritórios, mas promove a redução de erros de compatibilização, de representação dos elementos construtivos e de informações, o que torna potencialmente o processo mais eficaz e controlado” (CORNETET; FLORIO, 2015, p. 8).

Os autores observaram também que a dificuldade de implantação da tecnologia é maior na fase de concepção, apesar do esforço dos escritórios em utilizar a tecnologia precocemente. Verificou-se também que o BIM é mais utilizado na fase de desenvolvimento do projeto, justamente quando são realizados os desenhos técnicos-operativos, destinados à construção, momento em que os recursos digitais proporcionam maiores benefícios aos escritórios.

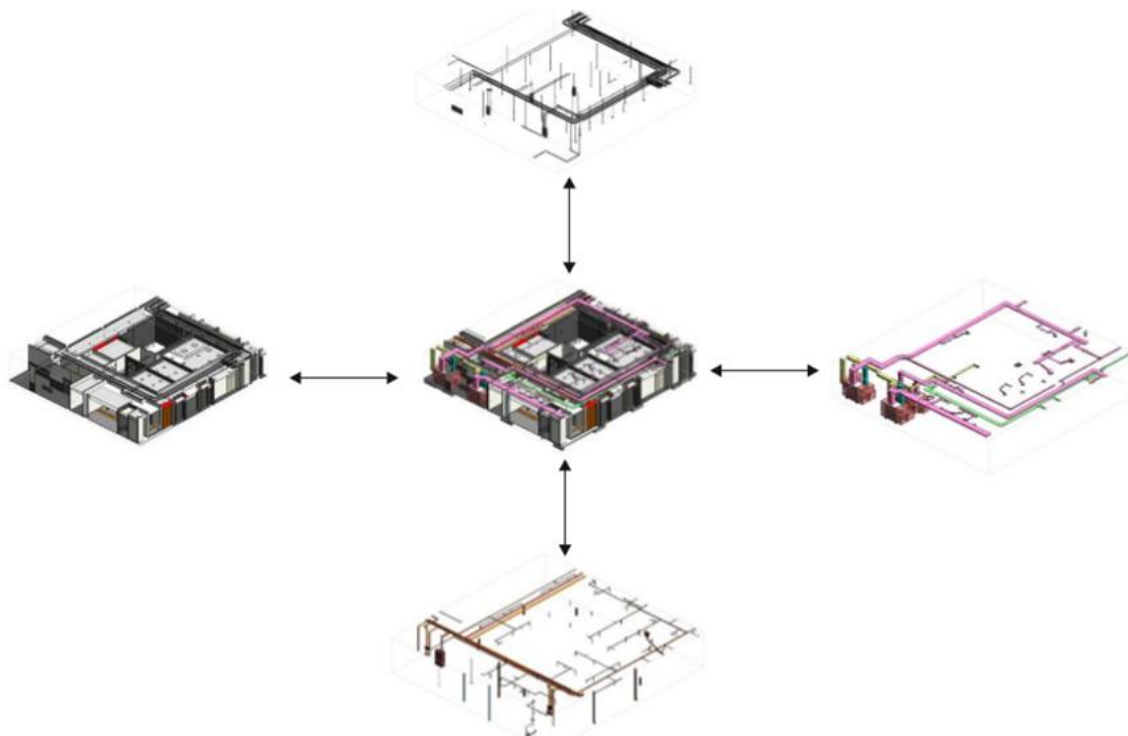
Com o objetivo de facilitar a rotina de trabalho dos projetistas e demais agentes envolvidos no processo de elaboração do modelo da construção, a AsBEA, por meio do Grupo de Estudo em BIM (GTBIM), elaborou uma proposta de “fluxos de projetos em BIM”, baseada em realidades vivenciadas por escritórios de projeto e em experiências dos próprios integrantes do Grupo de Estudo. A proposta está em concordância com o Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Arquitetura e Urbanismo (Asbea-Secovi, Sindistalação, Sinduscon), bem como com a Norma Brasileira NBR 13531/1995 – Elaboração de Projetos de Edificações – Atividades Técnicas. A proposta da AsBEA (2015, p. 13-16), é composta de cinco fases:

- **Estudo de viabilidade:** fase de elaboração e coordenação de um modelo 3D de massas contendo as informações legais e dimensionais de terreno, requisitos de projeto, e tem como produto final um estudo de massas consolidado. Nessa fase, o nível de desenvolvimento do modelo ainda é baixo, normalmente considerando volumetria, definição de áreas, vazios. Esse estudo refere-se a um modelo 3D de arquitetura, que passa pela avaliação prévia do cliente.
- **Estudo preliminar e anteprojeto (concepção):** elaboração contendo as informações de estrutura (infra e superestrutura) e grandes necessidades de instalações já modeladas, bem como a análise da coordenação e compatibilização e consolidação desses modelos. Nessa fase, o nível de desenvolvimento do modelo adquire uma maturidade um pouco maior que a fase anterior. Quantitativos básicos relativos à fase de projeto já podem ser extraídos desse modelo e utilizados pela equipe de orçamento.
- **Projetos legais:** análise de normas, verificação de legislação O controle da documentação deve ser feito nos padrões exigidos pela prefeitura local. Pode ser feita categorização de ambientes por tipologias para extrair informações necessárias de acordo com a legislação. Esta fase pode caminhar paralelamente ao desenvolvimento do anteprojeto e projeto básico.
- **Projeto básico – pré-executivo:** durante essa fase, os modelos são trabalhados, revisados e compatibilizados de forma a que se chegue ao resultado final de um modelo consolidado. O nível de desenvolvimento do modelo adquire uma maturidade bastante grande e documentos de projeto – plantas, cortes, fachadas e detalhes específicos – podem ser extraídos do modelo, bem como quantitativos bem próximos do orçamento final esperado.

- **Projeto executivo:** última fase do processo. Diz respeito à elaboração e coordenação de um modelo 3D consolidado, compatibilizado e liberado para a obra, em nível de detalhamento suficiente conforme pactuado previamente, contendo todas as informações necessárias para o planejamento e construção da obra e extração de quantitativos finais de orçamento.

No processo com o BIM, uma das características evidentes é a velocidade e a frequência com que os conhecimentos e informações são trocados, sendo o ideal todos os envolvidos trabalharem on-line em um mesmo modelo depositado em um local virtual. Mas, para a AsBEA (2015), ao contrário de algumas experiências internacionais, isso ainda não é possível aqui, dada a nossa realidade de velocidade de conexão e capacidade de hardwares. Assim, a AsBEA (2015) considera no desenvolvimento das atividades, os modelos federados (Figura 25), ou seja, aqueles que são feitos individualmente e em determinados momentos são aglutinados para análise da coordenação e de todos os envolvidos.

Figura 25: Esquema representativo de modelos federados.



Fonte: ASBEA, 2015, p.8.

Nos modelos federados, o primeiro passo é a demarcação dos limites dos modelos produzidos por cada autor. Cada projetista envolvido é responsável por seu

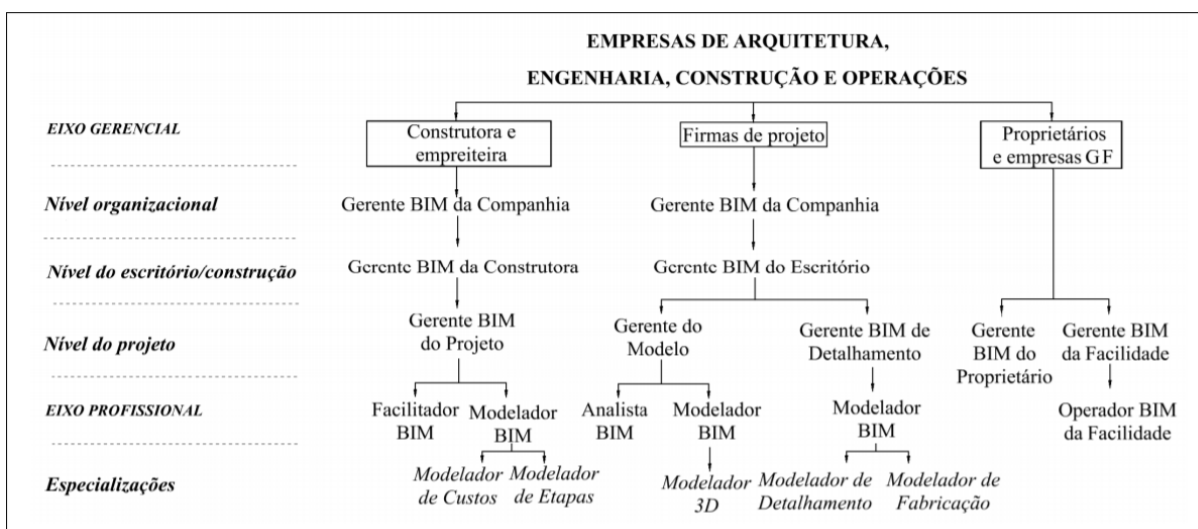
modelo e suas informações. Após a divisão macro das disciplinas e autores, podem ser feitas subdivisões dentro de uma mesma disciplina, a fim de evitar arquivos muito pesados e também para dividir o trabalho dentro da mesma equipe.

Percebe-se que no processo de projeto que utiliza os conceitos e potencialidades do BIM ocorrem mudanças significativas na forma de projetar em relação ao processo de desenho auxiliado por computador – CAD. Isso exige dos projetistas mais qualificação e o desenvolvimento de novas habilidades, o domínio de ferramentas computacionais e maior capacidade de colaboração, gestão e trabalho em equipe.

Nesse sentido, Barison e Santos (2011) analisaram o cenário de implantação do BIM no mercado da construção civil na cidade de São Paulo e a demanda por especialistas. Os autores concluíram, que “falta pessoal capacitado no mercado, principalmente a figura do Gerente BIM e também mão-de-obra especializada em modelagem” (BARISON; SANTOS, 2011, p. 9). As empresas ainda estão na fase inicial de implantação do BIM e desenvolvem com mais frequência modelos de arquitetura, porém tem dificuldade de compartilhar esses modelos com outras firmas devido à falta de colaboradores de outras disciplinas.

Baseados em revisão literária técnica internacional, Barison e Santos (2011, p. 3-4) apresentam uma hierarquia de especialistas em BIM em empresas do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (Figura 26) e as diversas funções e responsabilidades desses profissionais no processo de projeto (Quadro 4), embora na prática um único profissional possa executar as tarefas de um ou mais especialistas.

Figura 26: Hierarquia de especialistas BIM em empresas do setor a AEC.



Fonte: BARISON; SANTOS, 2011, p. 3.

Quadro 4: Funções e responsabilidades dos especialistas BIM.

Especialista BIM	Funções e responsabilidades
Modelador BIM	Cria, desenvolve modelos BIM e extrai documentações deles
Modelador 3D	Cria a geometria nos modelos e trabalha com a equipe de projeto
Modelador de Custos	Insere no modelo informações sobre processos construtivos e recursos
Modelador de Etapas	Adiciona etapas aos recursos com base no planejamento do construtor
Modelador de Instalações	Desenvolve projetos de instalações prediais
Modelador de Fabricação	Cria os modelos 3D para fabricação a partir do modelo de construção
Analista BIM	Faz análises e simulações baseadas no modelo
Facilitador BIM	Auxilia pessoas no canteiro de obras a visualizar as informações do modelo
Operador BIM da Facilidade	Ajuda o gerente de facilidades a extrair informações dos modelos
Guardião BIM	Guarda, mantém e administra modelos durante as fases de Operação e manutenção da edificação
Especialista em Modelagem	Mapeia requisitos de troca de informações (ER) para classes IFC e garante a integridade de dados trocados
Desenvolvedor de Software e aplicações BIM	Desenvolve e personaliza software para suportar a integração e o processo BIM
Consultor BIM	Orienta projetistas, desenvolvedores e construtores na implementação de BIM
Consultor BIM Estratégico	Gera estratégias de médio e longo prazo baseadas em visão de realização.
Consultor BIM Funcional	Gera planos de ação de acordo com as estratégias
Consultor BIM Operacional	Executa o plano de implementação BIM
Consultor Registrado	Desenvolve plano de implementação BIM para fabricante de software
Pesquisador BIM	Coordena e desenvolve pesquisas sobre BIM
Educador BIM	Ensina conceito, processos e ferramentas BIM em universidades
Gerente BIM	Gerencia pessoas na implementação e manutenção do processo BIM
Gerente BIM da Companhia	Estabelece e supervisiona comunicação entre filiais
Gerente BIM do Escritório	Implementa BIM no escritório e coordena equipes
Gerente do Modelo	Integra informações de diferentes agentes
Gerente BIM de Instalações	Gerencia e dá suporte aos modeladores de instalações
Gerente BIM da Companhia	Implementa BIM/IPD na companhia
Gerente BIM da Construtora	Estabelece padrões e processo BIM
Gerente BIM do Projeto	Cria e atualiza o modelo BIM de Construção
Gerente BIM da Facilidade	Gerencia a facilidade por meio de BIM
Gerente BIM do Proprietário	Supervisiona o processo BIM em nome do proprietário

Fonte: Elaboração do autor (2018), com base em BARISON; SANTOS, 2011, p. 4.

Os autores perceberam também mudanças importantes nos papéis dos especialistas nas empresas, em virtude dos novos procedimentos das atividades:

Quanto à mudança de papéis, os projetistas (arquiteto e engenheiro) passam a ser Modeladores BIM. O proprietário das pequenas empresas assume as funções do Gerente BIM. Nas empresas de porte médio é o proprietário ou o diretor que desempenha o papel do Gerente BIM do escritório, ficando a cargo do Coordenador de Projetos ou do Gerente Técnico o papel do Gerente do Modelo. Nas grandes empresas o Gerente de TI ou um especialista em BIM assumem o papel do Gerente BIM da Construtora/Escritório e Gerente do Modelo/Projeto. Nas grandes empresas é o Gerente BIM da Construtora/Projeto que está assumindo o papel de gerenciamento do processo de projeto BIM (BARISON; SANTOS, 2011, p. 9).

Embora o processo de implantação da metodologia BIM em empresas da indústria da AEC necessite de mudanças significativas (como reconfiguração da equipe de trabalho e busca por novos especialistas) e de elevados investimentos (em ferramentas computacionais, por exemplo), as empresas que tomaram esses passos, verificaram que os expressivos custos iniciais associados ao resultado da transição “trazem benefícios de produtividade no nível de documentação do edifício. Até mesmo a transição inicial para a produção consistente de desenhos a partir de um modelo vale a pena” (EASTMAN et al., 2014, p. 195).

Para Eastman et al. (2014), a migração da representação da edificação com base em um conjunto de desenhos para um modelo da construção tem muitos benefícios, como: “desenhos automaticamente consistentes, identificação e remoção de interferências espaciais, preparação da lista de materiais automática e precisa, suporte melhorado à análise, aplicações de custos e cronogramas entre outros” (EASTMAN et al., 2014, p. 195).

2.3 PROCESSO DE PROJETO COLABORATIVO

Conforme afirmou-se no início do capítulo, a colaboração é um dos principais eixos deste estudo. Procura-se nos subitens a seguir, a partir dos referenciais bibliográficos levantados, caracterizar alguns dos aspectos relevantes do potencial colaborativo do BIM, como: conceitos, processos colaborativos, formas de colaboração, agentes envolvidos no desenvolvimento dos modelos, formas de comunicação entre os agentes, ferramentas (softwares) usadas e outros.

O estudo desses aspectos, favorece inicialmente a compreensão teórica e, em seguida, contribui (junto com levantamento sobre o estado da arte) para a formulação dos instrumentos de pesquisa, e posterior constatação nos estudos de caso. Por fim, contribui como parâmetros de análise dos dados de campo dos escritórios.

2.3.1 Colaboração

Conforme Campestrini et al. (2015, p.9) “colaborar é contribuir com as melhores soluções para um objetivo compartilhado, obtendo-se o melhor de cada um dos profissionais envolvidos em um projeto” [...]. Para os autores, [...] “esse termo difere de cooperar, onde todos contribuem com seus esforços, sendo a meta comum atingida pela soma dos objetivos de cada envolvido” (CAMPESTRINI et al., 2015, p. 9).

De acordo com Kvan (2000), a colaboração em um projeto requer uma maior sensação de trabalho em conjunto para alcançar um resultado criativo do que o projeto cooperativo. É uma atividade mais exigente e difícil de estabelecer e manter do que simplesmente completar um projeto como equipe (KVAN, 2000, p. 413, tradução nossa).

E segundo Manzione (2013), “a colaboração na AEC compreende complexos fluxos de trabalho em que diferentes agentes precisam ser incorporados em um conjunto comum de informações por um longo período de tempo [...]”. Para o autor (2013, p. 125, grifo nosso), [...] “durante o processo de projeto, quando a tecnologia BIM é utilizada, **a colaboração acontece através da troca ou do compartilhamento dos modelos BIM ou de seus subconjuntos**”.

O trabalho colaborativo ocorre ao longo do ciclo de vida da edificação, desde as fases de programação, viabilidade e projeto, até a execução da obra, operação e manutenção da construção. E as interações entre as equipes/profissionais acompanham as demandas e especificidades de cada etapa do empreendimento. Durante a fase de projeto, por exemplo, Eastman et al. (2014), esclarece que:

O trabalho colaborativo é realizado entre as equipes de projeto, os consultores de engenharia e os especialistas técnicos. Esse trabalho consultivo envolve o fornecimento de informações apropriadas relativas ao projeto do empreendimento, seu uso e contexto para que tais especialistas procedam com a revisão e o recebimento de feedback/aviso/solicitações de alterações, etc. A colaboração às vezes envolve solução de problemas entre equipes, em que cada participante entende apenas parte do problema inteiro.

Tradicionalmente, essas colaborações se baseiam em desenhos, fax, chamadas telefônicas e encontros presenciais. A mudança atual para documentos e desenhos eletrônicos oferece novas opções para a transferência eletrônica de arquivos, troca de e-mails e conferências pela web com modelos e revisão de desenhos online (EASTMAN et al., 2014, pág. 172).

No Manual de BIM, este mesmo autor aponta que a “colaboração acontece em dois níveis: primeiro com as partes envolvidas, usando encontros via web e monitores” [e] “o outro nível envolve compartilhamento de informações do empreendimento” (EASTMAN et al., 2014, pág. 172). Neste sentido, Manzione (2013, p. 125) acrescenta que “Como espinha dorsal de todo o ciclo de vida da edificação, as informações devem estar disponíveis no BIM a qualquer um dos agentes envolvidos, sempre que for necessário”.

2.3.2 Compartilhamento e Trocas de Modelo BIM

O mercado da construção tem à disposição diversas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), voltadas ao compartilhamento e trocas de modelos BIM. Essas tecnologias favorecem a colaboração e comunicação entre projetistas, gerando diferentes cenários de colaboração durante a integração dos dados e modelos. As trocas e compartilhamentos “vão desde mecanismos rudimentares, como a simples troca física de arquivos, até tecnologias sofisticadas de servidores de modelo” (MANZIONE, 2013, p. 125). Este autor, apoiado basicamente nas publicações de Isikdag e Underwood (2010) e Eastman et al. (2008), apresenta diferentes mecanismos e formatos de troca de informações em BIM, classificados em duas categorias: uma baseia-se no formato do arquivo e a outra na plataforma em que a troca é feita (Quadro 5). É possível também diversas combinações entre essas duas categorias.

Quadro 5: Diferentes mecanismos e formatos de troca de informações em BIM

TROCAS DE ACORDO COM O FORMATO DO ARQUIVO	TROCAS DE ACORDO COM A PLATAFORMA
Trocas através de API	Trocas de arquivos físicos de modelos separados
Formatos proprietários	Modelos Federados
Formatos de exportação públicos	Servidores de Modelo em formato proprietário
Através de esquemas baseados em XML	Servidores de Modelo em formato IFC

Fonte: Elaboração do autor (2018), com base em Manzione (2013, p. 125).

São descritos a seguir, de forma sucinta, os métodos de troca classificados de acordo com a plataforma, dos quais alguns estão entre os mecanismos mais utilizados no processo de projeto com o BIM:

a) Trocas de arquivos físicos de modelos separados

Esse é um dos mecanismos rudimentares de troca de modelos. Neste cenário “a troca ocorre através da simples transferência de arquivo físico gerado pelo software de modelagem por meio de mídias físicas como DVD ou de intranets ou extranets, ou repositórios, como Dropbox®, via web” (MANZIONE, 2013, p. 127)

b) Modelos Federados

Lowe e Muncey (2009) descrevem no ConsensusDOCS 301 BIM Addendum, o conceito de modelo federado como um padrão composto por modelos distintos e ligados logicamente; suas fontes de dados não perdem identidade ou integridade pelo fato de estarem ligadas. De modo que, uma mudança em um que compõe o federado não cria alteração em outro que também compõe o modelo federado. Porém é necessário, para manter a consistência do conjunto de banco de dados, um aplicativo de coordenação de projetos, como Naviswork, Solibri Model Checker.

De acordo com a AsBEA (2015), o federado é o cenário corrente: com os modelos das disciplinas “[...] desenvolvidos em cada escritório específico e

disponibilizados em servidores de hospedagem, a partir de seus uploads, permitindo os downloads para visualização pelos demais envolvidos [...]” (ASBEA, 2015, p.7).

c) Servidores de Modelo

Os servidores de modelo é uma das tecnologias mais sofisticadas de compartilhamento virtual. Eles visam possibilitar a comunicação e a colaboração entre várias aplicações durante o ciclo de vida de um edifício, como ferramentas de projeto e análise. “Essa capacidade de integração pode melhorar a colaboração, possibilitando a criação de uma fonte unificada para o acesso e compartilhamento de dados” (MANZIONE, 2013, p. 129).

Segundo Beetz et al. (2011), os servidores de modelo se dividem em duas categorias:

- **Servidores exclusivos para ferramentas de formatos proprietários:**

Para o compartilhamento de modelos construtivos virtuais originados de softwares do mesmo fabricante. Exemplos de aplicativos que fazem a conexão entre softwares e o servidor: Revit Server da AutoDesk e o Team Works da Graphisoft.

De acordo com Beetz et al. (2011), essa categoria de servidores trabalha com o conceito original de um repositório central de dados: um modelo central vai sendo modificado através de consecutivos acessos para adicionar, apagar ou modificar objetos. Por esse método, somente as mudanças (deltas) são comunicadas com o central, exigindo uma alta qualidade de importação e exportação.

- **Servidores para formatos abertos e não-proprietários:**

Para o compartilhamento de modelos originados de softwares de diferentes fabricantes. Exemplo de aplicativo que faz a conexão entre os softwares e o servidor: Open Source BimServer, desenvolvido por BimServer (2012).

Esse tipo de servidor, que opera no formato IFC, carrega diferentes instâncias do modelo IFC, que ficam armazenadas em um sistema de cascata. A fusão das instâncias “[...] somente ocorre mediante a solicitação do usuário, que pode escolher as combinações de modelos e de versões livremente para a fusão” (MANZIONE, 2013, p.135). Nesse método de compartilhamento, segundo o autor (2013, p. 135) o modo de fusão “[...] requer que o aplicativo nativo converta o seu modelo para o formato IFC e posteriormente o exporte. O mecanismo contrário, de volta, exige o

mesmo procedimento”. Nesse sistema, que tem lógica semelhante à dos federados, o usuário pode analisar alterações após a fusão.

A partir das referências analisadas verificam-se diversas possibilidades de TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação) para o compartilhamento e troca de dados dos modelos, gerando diferentes cenários de processos colaborativos voltados ao desenvolvimento de projetos assistidos por computador.

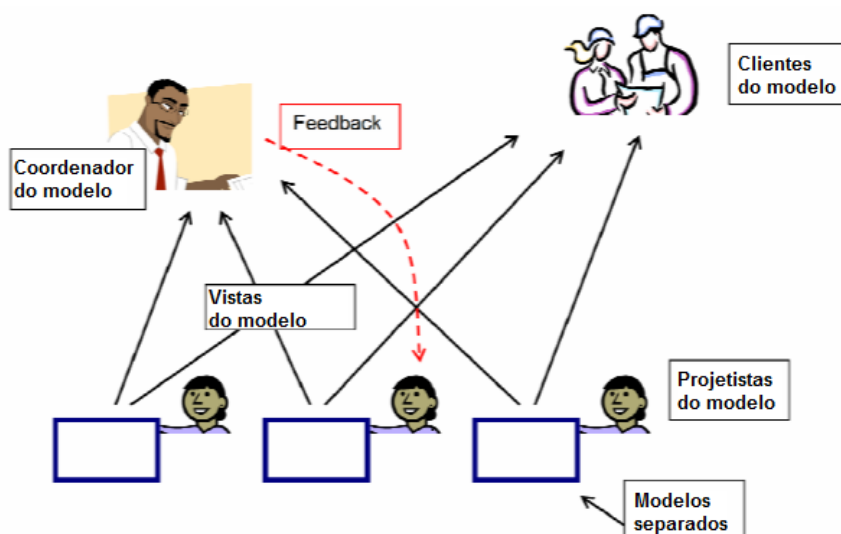
2.3.3 Cenários de Colaboração

Podem ser identificados diferentes cenários de colaboração sobre o desenvolvimento de modelos em um projeto de construção baseado em IFC. Jørgensen et al. (2008, p. 9) esboçam três cenários, que expressam diferenças em relação ao quanto os parceiros de projeto trabalham juntos e como as atividades de modelagem são coordenadas. Um desses é o futuro cenário de colaboração com um modelo de construção compartilhado, e os outros dois são cenários comumente usados, onde os parceiros desenvolvem modelos separados.

a) Modelos Separados

Nesse cenário, cada parceiro cria um ou mais modelos separados, que geralmente se relacionam com diferentes disciplinas (Figura 27). Coordenadores e clientes obtêm visões dos modelos – tipicamente desenhos dos projetistas – que serão muitas vezes parcialmente redundantes. Alguns objetos são assim, representados repetidamente e as mudanças nos objetos devem ocorrer em cada modelo relevante (Jørgensen et al., 2008, p. 10).

Figura 27: Cenário de colaboração com modelo de construção separado.



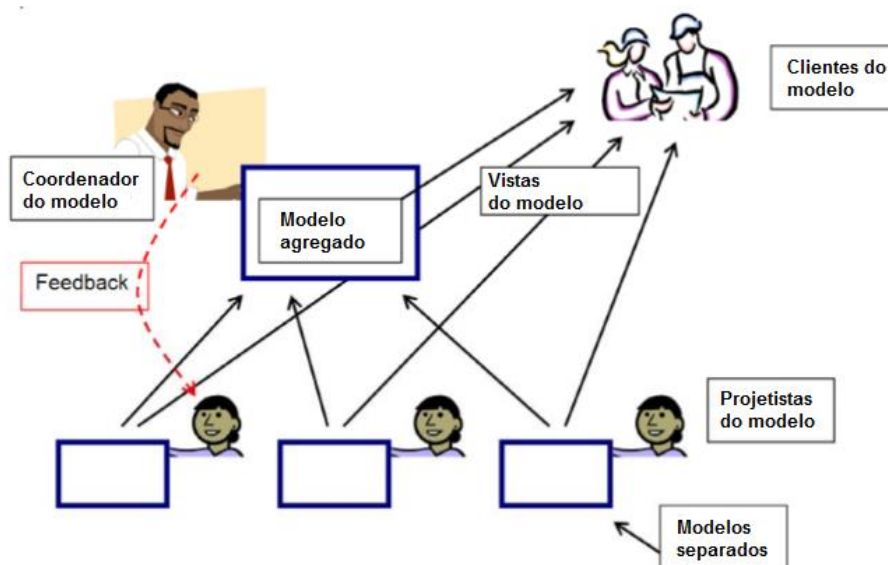
Fonte: Ibid, p. 11.
Nota: Tradução nossa.

b) Modelos Separados com Modelo Agregado

Este cenário é idêntico ao anterior, exceto que um modelo agregado é criado de tempos em tempos⁸ (Figura 28). O objetivo principal é o suporte para a coordenação do projeto, que pode se beneficiar das vistas do agregado diretamente e muitas vistas podem ser produzidas para os clientes a partir do agregado (Jørgensen et al., 2008, p. 11).

⁸ Uma série de ferramentas estão disponíveis para a agregação do modelo, como por exemplo: *Solibri Model Checker* e *Navisworks*.

Figura 28: Cenário de colaboração com modelos de construção separados e um modelo agregado.

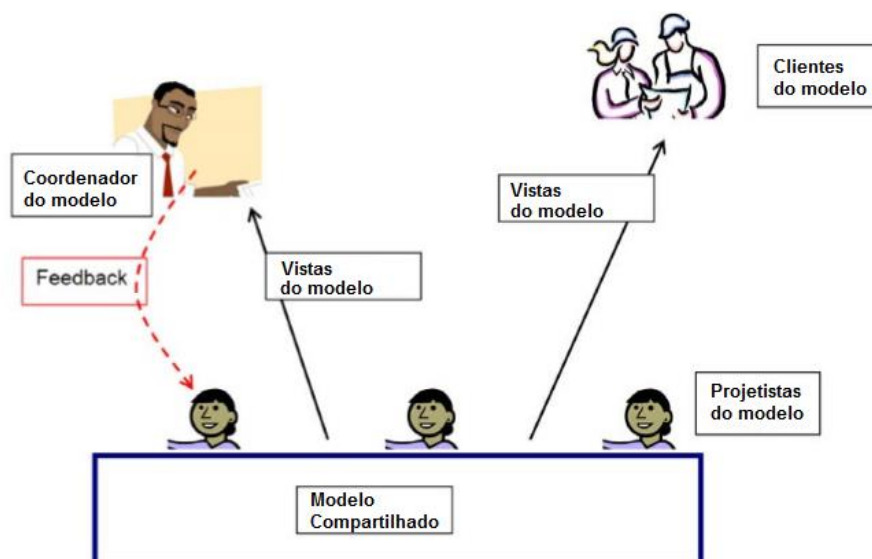


Fonte: Ibid., p. 11.
Nota: Tradução nossa.

c) Um Modelo Compartilhado

Nesse cenário, todos os parceiros colaboram no projeto e manutenção de um modelo compartilhado (Figura 29). Os coordenadores, bem como os clientes, podem ter acesso para produzir seus próprios pontos de vista (Jørgensen et al., 2008, p. 12).

Figura 29: Cenário de colaboração com um modelo de construção compartilhado.



Fonte: Ibid, p. 12.
Nota: Tradução nossa.

As principais diferenças entre os três cenários são descritas em relação a um conjunto de características fundamentais a saber: redundância, integridade e consistência, acessibilidade, modelo de responsabilidade, propriedade do modelo e desempenho, resumidos no Quadro 6, a seguir.

Quadro 6: Conjunto de características para o trabalho em Modelo Compartilhado

Característica	Descrição
Redundância	Dados são redundantes. São dados, que ocorrem mais de uma vez e representam o mesmo fato. Se os dados redundantes precisam ser atualizados, é importante atualizar todas as ocorrências.
Integridade e consistência	A integridade refere-se à precisão ou à correção dos dados, ou seja, esses dados representam corretamente os fatos do mundo real. A consistência refere-se à coerência lógica, isto é, que não existem contradições nos dados. Uma maneira de obter dados inconsistentes é quando a área de dados redundantes está sendo atualizada e nem todas as ocorrências são atualizadas. No entanto, os dados podem ser inconsistentes de muitas outras maneiras e deve ser enfatizado que a integridade e a consistência não são idênticas. Os dados podem ser consistentes mesmo que não estejam corretos. Para garantir e preservar a integridade e a consistência dos dados é necessário estabelecer regras e procedimentos para que os usuários possam obedecer. Também é necessário realizar verificações e comparações periódicas. Dados imprecisos e inconsistentes podem causar desinformação.
Acessibilidade	Os dados podem ser acessados de forma diferente por diferentes usuários ou clientes. A seguir, os usuários são separados em três grupos: 1) os criadores do modelo, 2) coordenadores e 3) clientes. Os usuários podem ter acesso direto ou podem ter acesso através de usuários mais privilegiados.
Modelo de responsabilidade	Certas responsabilidades normalmente estão sempre associadas aos dados. Portanto, deve ser claramente identificado na organização do usuário, quem é responsável pelas várias tarefas realizadas nos dados do modelo.
Propriedade do modelo	A propriedade refere-se a quem possui o modelo na fase de desenho.
Desempenho	O desempenho refere-se neste contexto ao uso de recursos para criação e manutenção de dados.

Fonte: Elaboração do autor (2018), com base em Jørgensen et al. (2008).

A partir da análise destas dimensões acima descritas, Jørgensen et al. (2008), comparam os três cenários de colaboração, resumidos no Quadro 7, a seguir:

Quadro 7: Comparação de cenários

Característica	Cenários		
	Modelos separados	Modelos separados com modelo agregado	Um modelo compartilhado
Redundância	Existe redundância. Quando as operações de atualização são realizadas, algumas tarefas devem ser repetidas em outros modelos também.	Existe redundância. Quando as operações de atualização são realizadas, algumas tarefas devem ser repetidas em outros modelos também.	A redundância pode ser evitada e as operações de atualização não são repetidas.
Integridade e consistência	Regras e procedimentos são desenvolvidos em cada organização separada. A verificação cruzada é difícil de executar.	Regras e procedimentos são desenvolvidos em cada organização separada, mas a verificação cruzada pode ser realizada no modelo agregado e suportada pelo software.	Regras e procedimentos devem ser desenvolvidos em conjunto. A verificação é realizada no modelo compartilhado.
Acessibilidade	Os coordenadores e os clientes acessam tipicamente o modelo através de vistas extraídas.	Os coordenadores acessam com mais frequência apenas o modelo agregado. Os clientes acessam o modelo através de vistas extraídas.	Os usuários de todos os grupos podem receber acesso em grupo ou nível individual e podem produzir seus próprios pontos de vista a qualquer momento.
Modelo de responsabilidade	Cada organização é responsável pelo seu próprio modelo.	Cada organização é responsável pelo seu próprio modelo.	A organização do grupo como um todo é responsável pelo modelo, mas cada organização pode ser responsabilizada por partes relevantes do modelo.
Propriedade do modelo	Cada parceiro possui propriedade sobre seus próprios modelos.	Cada parceiro possui propriedade sobre seus próprios modelos.	A propriedade do modelo de construção é compartilhada.
Desempenho	Recursos são desperdiçados, quando os mesmos dados devem ser criados ou mantidos em vários modelos.	Os recursos são desperdiçados, quando os mesmos dados devem ser criados ou mantidos em vários modelos.	Os recursos não são desperdiçados em operações repetidas.

Fonte: Ibid, p. 13. / Nota: Tradução nossa.

2.3.4 Agentes Colaboradores

São diversos os agentes envolvidos nos processos colaborativos associados à elaboração do modelo de informação. Desde consultores e projetistas de diversas especialidades, a profissionais da construção, proprietários, incorporadores, construtores, fornecedores e fabricantes de componentes construtivos e equipe de obras. Quanto mais complexas as demandas e maior o porte do empreendimento, maiores tendem a ser a rede de colaboradores, a interação entre eles, e a necessidade de processos colaborativos adequados.

Com os avanços no uso do BIM, surgiram novos cargos, ferramentas e funções que implicaram em adaptações das práticas colaborativas e desenvolvimento de novas competências das equipes e profissionais. Surgiram, por exemplo, dentre outros cargos, o consultor BIM, gerente BIM, modelador BIM e o coordenador BIM. Estes especialistas geralmente estão presentes em escritórios de maior porte, enquanto em escritórios de menor porte, é comum o acúmulo de funções em virtude do número reduzido de projetistas. Adiante, no item sobre processo de projeto com o BIM, retomaremos a abordagem sobre esses novos agentes.

É importante para o processo de projeto com o BIM a definição adequada da equipe de trabalho. É necessário identificar o perfil dos profissionais e verificar a capacidade de entregar as propostas em BIM, sem comprometer o fluxo de trabalho. Porém, o Brasil vive um momento de transição da utilização do CAD para o BIM, e verifica-se que ainda há carência de profissionais com habilidades na tecnologia, sendo necessário, por vezes, trabalhar em um processo híbrido, no qual nem todas as disciplinas e especificações estão presentes no modelo único (ASBEA, 2015, p. 6).

E em relação aos profissionais das disciplinas complementares, segundo a ASBEA (2015, p. 6), “[...] é raro encontrar projetistas de acústica, impermeabilização, paisagismo, projetos de cozinha industrial, entre outros, que desenvolvam projetos em BIM.

2.3.5 Parâmetros de Descrição do Trabalho Colaborativo

Segundo Manzione (2013, p. 3), “o estudo do trabalho colaborativo requer que sejam considerados quatro recursos chaves: pessoas, processos, tecnologia e dados”. E conforme Christiansson (2001), devido à introdução da TIC, alguns

parâmetros básicos podem ser utilizados para descrever a colaboração, conforme resumimos no Quadro 8 a seguir:

Quadro 8: Alguns parâmetros básicos para a colaboração

1	Número de pessoas participantes.
2	Temas de colaboração: síntese do projeto, análises, simulação, revisão de projeto, planejamento, coordenação, avaliação, treinamento, etc.
3	Forma de interação: apresentação, brainstorm, negociação, consulta, discussão, decisões, documentação, esboço.
4	Conteúdo de informações de comunicação para apoiar a interação: Fala, som, imagens, música, vídeo, objetos 3D, informações de controle, etc.
5	Espaços de reuniões e definições de sala: físico, virtual, estático, dinâmico, móvel e combinações. (Espaços de trabalho pessoais, espaços de trabalho em equipe, espaços vinculados ou espaço comum para todos os colaboradores, etc.).
6	Simultaneidade: reuniões síncronas e assíncronas, etc.
7	Artefatos de colaboração: canais de comunicação (monitores, óculos, dispositivos convencionais, etc.), mecanismos de controle e acesso (armazenamento de informações e acesso, compartilhamento e gerenciamento de modelos e aplicativos, etc.), aplicações de usuários e contêineres de informações (como servidores, sistemas CAD, bancos de dados, etc.).

Fonte: Elaboração do autor (2018), com base em Christiansson (2001).

2.3.6 Ferramentas de Colaboração

Com o avanço das tecnologias digitais voltadas à indústria da AEC, diversas ferramentas foram desenvolvidas para auxiliar a comunicação e colaboração dos agentes envolvidos no desenvolvimento de projetos em plataformas BIM. Como visto anteriormente, os mecanismos de troca e compartilhamento são essenciais para o desenvolvimento do projeto e sua gestão, possibilitando o acompanhamento da evolução do projeto e o atendimento dos requisitos do cliente.

Com base em consulta aos sites de empresas que se destacam no desenvolvimento de tecnologias BIM, como a Autodesk, Bentley, Tekla e Graphisoft, foram identificadas algumas das principais ferramentas que favorecem a comunicação e colaboração das equipes de projeto, e consequentemente potencializam a integração entre modelos construtivos virtuais das várias disciplinas. Dentre as ferramentas identificadas, destacamos (Quadro 9):

Quadro 9: Ferramentas para colaboração em plataformas BIM

Fabricante	Ferramenta	Descrição
Autodesk	BIM 360™ Team	Ferramenta de colaboração baseada em nuvem que permite aos arquitetos, engenheiros e partes interessadas do projeto trabalharem juntos em um único espaço de trabalho central, usando um navegador ou dispositivo móvel. Possibilita a comunicação entre profissionais e a visualização, revisão e compartilhamento de projetos 2D e 3D.
	Navisworks	Permite que profissionais de AEC analisem e revisem de forma completa com os interessados, os modelos e dados integrados para controlar melhor os resultados do projeto. É possível a detecção e gerenciamento de conflitos e verificação de interferência entre os modelos. Pode ser combinado com o BIM 360.
Bentley	ProjectWise Design Integration	Ferramenta para gerenciamento da informação do projeto com base em fluxos de trabalho organizacionais e de projeto ou normas industriais.
	Navigator	Conjunto de diferentes aplicativos para dispositivos móveis e <i>desktops</i> especificamente adaptados aos fluxos de trabalho de revisão e inspeção de modelos. Permitem acesso a dados e informações de projetos disponíveis em modelos e esquemas.
Tekla	Tekla Model Sharing	Ferramenta que permite que cada usuário tenha uma versão local do modelo BIM em seu computador ou em uma unidade de rede. Os dados são compartilhados e sincronizados por meio de compartilhamento em nuvem. São compartilhadas apenas as alterações, não o modelo inteiro. O trabalho pode ser realizado <i>off-line</i> , pois apenas durante o compartilhamento é preciso estar conectado à Internet.
Graphisoft	Teamwork	A tecnologia permite o trabalho simultâneo de várias equipes em um mesmo projeto utilizando gama ampla de <i>hardwares</i> . O gerenciamento de projetos on-line permite o acompanhamento do andamento de projetos (marcos e tarefas). Através do BIMcloud, é possível conectar equipes em qualquer parte do mundo, utilizando qualquer tipo de rede.

Fonte: Elaboração do autor (2018), com base em dados disponibilizados pelos fabricantes, 2017.

Analisando as informações disponibilizadas pelas empresas que se destacam no desenvolvimento de tecnologias BIM, podemos observar que as diversas ferramentas oferecidas se assemelham em vários aspectos, como compartilhamento de modelos, trabalho simultâneo, possibilidade de comunicação entre profissionais,

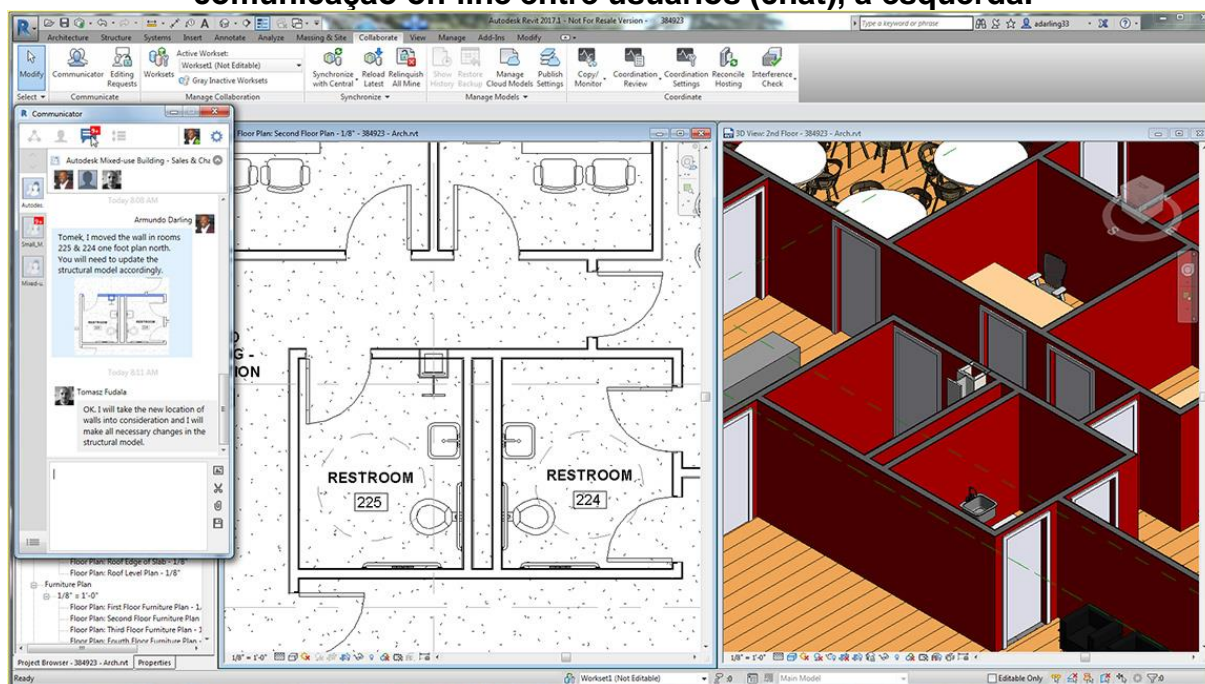
verificação de interferências e conflitos, armazenamento na nuvem, gerenciamento on-line etc.

Como exemplo é descrito a seguir uma ferramenta analisada, que possibilita a colaboração entre profissionais que trabalham em localizações diferentes, não necessariamente compartilhando a mesma rede corporativa, e que permite o armazenamento, compartilhamento e gerenciamento de arquivos em repositório central de arquivos.

Na ferramenta, a colaboração é facilitada pelas múltiplas opções oferecidas, que consideram troca de informações através de uma mesma LAN com o Worksharing ou on-line por meio do repositório BIM 360 Team (AUTODESK, 2018). Assim, equipes de projeto podem comunicar-se usando a interface de conversa on-line entre os usuários (chat), gerar marcações, nuvens de revisão, copiar partes da tela e solicitar alterações de projeto em tempo real, com toda a equipe (Figura 30).

O BIM 360 Team permite que os usuários que não possuem a ferramenta colaborem em um projeto. Assim, todos os agentes podem acessar o modelo 3D e todas as pranchas publicadas, via navegador de Internet, sem a necessidade de instalação de software.

Figura 30: Interface do modelo no Revit, com destaque para a ferramenta de comunicação on-line entre usuários (chat), à esquerda.



Fonte: Autodesk, 2018.

Em resumo, temos como principais recursos da ferramenta: a comunicação e revisão em tempo real com controle de versões; centralização de dados, assegurando atualização das informações; experiência imersiva possibilita navegação no projeto; controle de participantes do projeto pelo administrador; possibilidade de conectar comentários a objetos e de fazer download e compartilhamento por e-mail.

2.3.7 Fatores que Limitam a Colaboração

No processo de projeto colaborativo com o BIM são diversos os fatores que podem limitar a colaboração entre os agentes e dificultar o desenvolvimento da construção virtual. Geralmente é possível definir esses fatores como sendo limitações relacionadas aos processos, aos agentes ou às tecnologias. No Quadro 10, são listados alguns dos principais fatores que podem limitar a colaboração:

Quadro 10: Fatores que podem limitar a colaboração

Campos	Fatores
Processos	<ul style="list-style-type: none"> - Processo fragmentado e sequencial; - Processo de trabalho desestruturado; - Falta de controle de qualidade do processo;
Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> - Resistência ao trabalho colaborativo; - Pouca integração entre agentes envolvidos; - Falha de comunicação entre agentes; - Equipes de projeto, fornecedores e construtores com foco apenas em suas necessidades; - Falta de capacitação e habilidades;
Tecnologias	<ul style="list-style-type: none"> - Deficiência na interoperabilidade; - Softwares, hardwares e network não atendem às necessidades; - Problemas de velocidade da internet; - Falta de segurança dos dados compartilhados.

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Segundo Kowaltowski et al. (2013), apesar das diversas tentativas, a interoperabilidade e a colaboração ainda não são bem-sucedidas na indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) quando comparadas ao que ocorre em outros setores. Isso se deve, dentre os motivos, ao:

Desentendimento entre os profissionais da indústria da AECO sobre os efeitos benéficos para o processo de projeto e construção; desinteresse das empresas desenvolvedoras de softwares na

interoperabilidade, haja vista que, com ela, diversas empresas parceiras não necessitarão utilizar pacotes de softwares de um único desenvolvedor (KOWALTOWSKI et al., 2013, p. 432).

Kowaltowski et al. (2013, p. 432) destaca ainda que, “sem eficiente interoperabilidade e efetiva colaboração, perde-se a ideia do BIM como processo de trabalho” (...) e que, “na prática, observa-se que poucas empresas e profissionais que utilizam ferramentas BIM buscam a interoperabilidade e a colaboração”.

Mas não é simples alcançar a condição de plena colaboração, pois não é um processo rápido ou automático, exige tempo e mudança cultural. É necessário rever a metodologia do processo de projeto, a forma de geração e compartilhamento das informações para criação do modelo da construção e os limites de atuação, regras e responsabilidade de cada profissional envolvido no processo. A composição e a interação da equipe multidisciplinar, também precisam ser avaliadas.

3 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Nesse capítulo são descritos os principais procedimentos metodológicos, técnicas e instrumentos utilizados nas diversas fases da pesquisa, desde a formulação do problema até a apresentação dos resultados. Também é apresentado aqui o estado da arte, que contribuiu para a definição do método da pesquisa sobre o tema abordado.

3.1 ESTADO DA ARTE

O levantamento do estado da arte teve início com a busca e análise de teses, dissertações e artigos sobre a temática BIM, buscando identificar as lacunas de conhecimento, avançar nas pesquisas a partir da proposição de novos estudos, e ao mesmo tempo construir o referencial teórico e embasamento para a definição do método, dos procedimentos e instrumentos de pesquisa a serem adotados neste trabalho.

Conforme Costa (2013), o estudo do BIM é um vasto campo de pesquisa e, no Brasil, o número de estudos sobre o tema tem aumentado nos últimos anos, mas percebe-se que há necessidade de avanços. Esse autor realizou levantamento de teses e dissertações realizadas no Brasil no período de 2000 a 2011, no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes.

A busca no sítio virtual da Capes por Costa (2013) inicialmente procurou trabalhos que contivessem a expressão “projeto de arquitetura” como assunto, seguida de filtragem dos resultados, buscando-se nos resumos, expressões e termos relacionados com o objeto da tese do autor, tais como, maquete, modelagem 3D, ensino de projeto de arquitetura, ensino de CAD, simulação computacional e metodologia de projeto.

Após a leitura dos trabalhos, Costa (2013) identificou 27 teses e 65 dissertações filtradas pelos termos de busca (Tabela 1). Das pesquisas catalogadas, com base no banco de dados da Capes, 6 eram relacionadas ao tema “Tecnologia BIM”, que começou a aparecer como objeto de pesquisa a partir de 2009, e

“[...] da mesma forma que aconteceu com o CAD no início de sua implantação, os trabalhos tratam basicamente da avaliação do pacote através da análise do processo de assimilação da tecnologia por

escritórios e cursos de Arquitetura e Urbanismo e dos impactos dessa nova forma de projetar sobre a Arquitetura e a produção da Arquitetura” (COSTA, 2013, p. 83).

Tabela 1: Quantitativo de Teses e Dissertações no período de 2000 a 2011.

Tópicos abordados nas pesquisas	Trabalhos que abordam o tópico		
	Teses	Dissertações	%
Tecnologia BIM	0	6	6,45
Modelagem Geométrica 3D	6	7	13,98
Prototipagem Rápida e Fabricação Digital	2	5	7,53
Simulação Computacional	1	7	8,60
Gramática da Forma e Formas Complexas	4	5	9,68
CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital	8	29	39,78
Metodologia do Projeto e Processo de Criação	18	26	47,31
Teoria do Projeto de Arquitetura	0	2	2,15
Ensino de Projeto	13	27	43,01
Ensino de CAD	2	4	6,45
Modelagem Tridimensional Física	2	6	8,60
Eficiência Energética Conforto Ambiental	2	6	8,60
Acessibilidade Mobilidade	2	0	2,15
Tecnologia da Informação – TI	0	1	1,08

Fonte: Elaboração do autor (2018), com base em COSTA (2013, p. 83)

Visando verificar o desenvolvimento recente de trabalhos relacionados à Modelagem de Informação da Construção, foram realizados levantamentos na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações – BDTD. Com base em consulta realizada em 2016, e atualizada em 2017⁹, usando-se a expressão “BIM” sem aspas (na opção: Todos os campos), seguida de filtragem pela leitura dos resumos, assunto, palavra-chave e título, foram identificados 61 trabalhos, sendo 51 dissertações e 10 teses, no período de 2009 a 2017 (Tabela 2):

⁹ Consulta realizada no sítio virtual <<http://bdtb.ibict.br>> Acesso em: 20 de out. 2017.

Tabela 2: Número de teses e dissertações realizadas no período de 2009 a 2017, identificadas com base em busca no BDTD, usando a expressão “BIM” sem aspas.

Nº de Pesquisas	%	Ano
3	4,91	2009
2	3,28	2010
4	6,56	2011
8	13,11	2012
7	11,48	2013
8	13,11	2014
13	21,31	2015
11	18,03	2016
5	8,20	2017

Fonte: Elaboração do autor, 2017.

Observando-se o cenário mais recente (a partir de 2011) de pesquisas sobre Tecnologia BIM em relação ao levantamento de Costa (2013) no intervalo 2000 a 2011, nota-se que houve um expressivo aumento no número de trabalhos desenvolvidos, principalmente a partir de 2012, quando as pesquisas dobraram em relação ao ano anterior.

No período de 2009 a 2017 percebe-se nas teses e dissertações uma diversidade de temas abordados. Dentre as abordagens mais recorrentes estão: experiências de implantação do BIM (em empresas de arquitetura, engenharia e construção); análises de interoperabilidade; propostas de métodos de uso da tecnologia; contribuições do BIM para o ensino; características e aplicações da tecnologia; e processo de projeto com uso da modelagem de informação da construção. Também foram identificados, porém em pouco número, trabalhos cuja temática principal abordava processos colaborativos (1 – um); integração de projetos (2 – dois); e 1(um) sobre modelos de contrato para trabalhos colaborativos e projeto integrado.

Desse modo, considerando-se a necessidade de ampliar as buscas por teses e dissertações que tratassem mais especificamente do objeto de estudo deste

trabalho, realizou-se nova consulta¹⁰ ao BDTD (opção: Todos os campos), usando-se as expressões “processo de projeto colaborativo” e “integração de projetos”, ambas com aspas – pois, ao utilizar as expressões sem aspas, a busca tornou-se menos específica, dificultando, dentre inúmeros trabalhos encontrados, a identificação daqueles pertinentes a esse estudo. Decorrente da nova consulta, ressalta-se Manzione (2013). A tese desse autor tem como objetivo geral o desenvolvimento de uma estrutura conceitual de gestão para o processo de projeto colaborativo mediante o uso do BIM. Como contribuição principal, a estrutura conceitual visa “sustentar o conjunto de metodologias aplicáveis à nova tecnologia e demonstra como relacionar os domínios da gestão do processo de projeto e da tecnologia da informação”.

Além do levantamento de referências no contexto nacional, foram realizadas buscas por artigos publicados no cenário internacional, com base em consultas ao Cumulative Index of Computer Aided Architectural Design - CumInCAD¹¹, biblioteca virtual de referência no assunto de projeto assistido por computador. Inicialmente, as buscas ocorreram com uso das expressões “integração de projetos”, “processo de projeto colaborativo” e “trabalho colaborativo”, todas com aspas para evitar redundâncias ou artigos não relacionados. Em seguida, foram feitas buscas com as expressões “collaborative design process”, “collaborative project” e “project integration” (também entre aspas).

Os trabalhos encontrados no CumInCAD tiveram seus títulos, palavras-chave, assuntos e resumos analisados, destacando-se o trabalho de Ledo e Pereira (2004), que investigaram sob vários aspectos como acontece o trabalho colaborativo síncrono à distância entre o arquiteto e outros profissionais envolvidos no desenvolvimento do projeto de arquitetura. Para analisar a colaboração, os autores apoiaram-se na definição de categorias de análise, ou seja, em seis parâmetros: a) agentes envolvidos, b) ferramentas utilizadas na comunicação, c) materiais recebidos e de entrega, d) etapas do projeto, e) coordenação e f) uso da Internet.

¹⁰ Consulta realizada no site <<http://bdttd.ibict.br>> Acesso em 19 de dezembro de 2017.

¹¹ *Cumulative Index of Computer Aided Architectural Design* – CumInCAD – é um índice cumulativo sobre publicações relacionadas ao processo de projeto arquitetônico assistido por computador, com mais de 12.300 registros de revistas e conferências, como ACADIA, ASCAAD, CAADRIA, eCAADe, SiGraDi, CAAD futuros, DDSS e outros. A CumInCAD foi projetada e criada pelo Prof. Bob Martens, Universidade de Tecnologia de Viena (Áustria) e Prof. Ziga Turk, Universidade de Ljubljana (Eslovênia) em 1998. A partir de 2016, o repositório foi direcionado para o Open Access e relançado pelo Prof. Tomo Cerovsek, da Universidade de Ljubljana - Eslovênia (Informações disponíveis em: www.papers.cumincad.org/. Acesso em: 26 de dez. 2017).

Assim, enquanto Manzione (2013), contribuiu com a abordagem do processo de projeto colaborativo para a composição do referencial teórico deste trabalho, conforme apresentado no Capítulo 2, Ledo e Pereira (2004), contribuíram para a formulação do método de análise utilizado aqui, a partir da definição de categorias de análise para a abordagem do trabalho colaborativo. Algumas das categorias utilizadas por estes autores foram adotadas neste estudo.

Nas pesquisas desses autores a colaboração é uma das principais abordagens, mas não com foco no mapeamento dos processo de colaboração visando à integração dos projetos de arquitetura e complementares, como proposto neste trabalho, dificultando assim a adoção de um método de pesquisa anteriormente aplicado. Desse modo, os procedimentos metodológicos desenvolvidos neste estudo foram adotados parcialmente do trabalho de Ledo e Pereira (2004), conforme comentou-se anteriormente.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa classifica-se de acordo com quatro aspectos:

a) Quanto à abordagem: é do tipo **qualitativa** – pois “não se preocupa com representatividade numérica [...], mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc.” (GEHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 31);

b) Quanto à natureza: é **aplicada** – “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos” (Ibid., p. 35);

c) Quanto aos objetivos: é **exploratória** – busca “uma abordagem do fenômeno pelo levantamento de informações que poderão levar o pesquisador a conhecer mais a seu respeito” (Ibid., p. 67);

d) Quanto aos procedimentos: é **estudo de caso** – consistindo “[...] no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetivos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento [...]” (GIL, 2002, p. 54).

Em relação ao estudo de caso, uma objeção apontada por Gil (2002, p. 55) é quanto à dificuldade de generalização, visto que a análise de um único ou de poucos casos fornece uma base muito frágil para tornar geral. Ao abordar a questão da generalização, quanto ao estudo de caso, Gil (2002) observa que:

[...] os propósitos do estudo de caso não são os de proporcionar o conhecimento preciso das características de uma população, mas sim o de proporcionar uma visão global do problema ou de identificar

possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados (GIL, 2002, p. 54).

Visando à adequação da temática e pertinência do estudo, foram realizados levantamentos do estado da arte e das referências bibliográficas. Nesse sentido, foi desenvolvida pesquisa em materiais impresso e digital, nacionais e internacionais, como livros, artigos, periódicos, fascículos, teses, dissertações e trabalhos finais de graduação, *sites* especializados como o CumInCAD, e bancos de dados digitais, como os da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), e o Banco de Teses e Dissertações da Comissão de Aperfeiçoamento Pessoal do Nível Superior (CAPES). Os levantamentos do estado da arte e da revisão bibliográfica contribuíram também para fundamentação teórica do trabalho, para a definição do método de pesquisa, instrumentos e técnicas utilizados e para a realização das análises e conclusões.

Após os levantamentos do estado da arte e revisão bibliográfica definiu-se, com base em Gil (2002, p. 137), o conjunto de etapas desta pesquisa – baseadas nos procedimentos metodológicos voltados ao estudo de casos.

É importante frisar que, além do estudo de multicasos, eixo principal de delineamento da pesquisa, realizou-se também a consulta on-line com os arquitetos do RN, complementando este estudo. Assim, foram definidas etapas, procedimentos e instrumentos para ambas abordagens (estudo de multicasos e consulta on-line), que embora com particularidades, contêm semelhanças em algumas etapas. Antes da descrição de cada etapa da pesquisa, observa-se que, no final deste capítulo, a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** representa um resumo esquemático das principais etapas, procedimentos metodológicos e instrumentos deste trabalho.

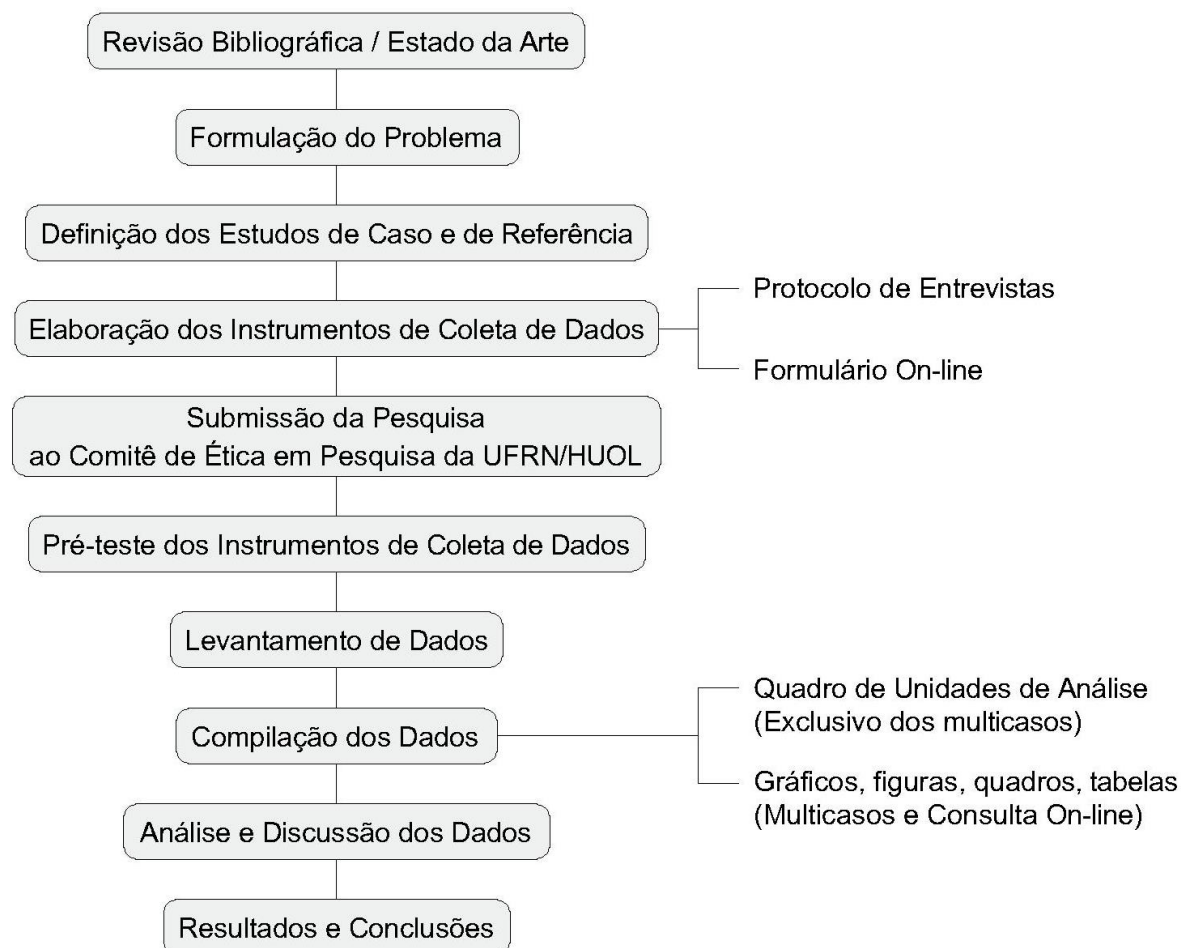
3.3 ETAPAS DA PESQUISA

3.3.1 Organização das Etapas de Pesquisa

Neste item é apresentado um resumo esquemático das etapas de pesquisa realizadas e dos principais procedimentos e instrumentos utilizados, para realização do estudo dos processos colaborativos entre escritórios de arquitetura e engenharia. Embora com particularidades, as abordagens dos multicasos e na consulta on-line contêm semelhanças em algumas etapas e procedimentos. Como resumo

esquemático dos principais procedimentos e instrumentos metodológicos utilizados nestas abordagens, segue a Figura 31, abaixo:

Figura 31: Principais etapas, procedimentos e instrumentos metodológicos utilizados na pesquisa



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

3.3.2 Realização dos Estudos de Caso e Referência

Conforme citado anteriormente, definiu-se após a revisão bibliográfica e levantamento do estado da arte, o conjunto de etapas voltadas ao estudo de casos. As etapas desenvolvidas com base em Gil (2002, p. 137)¹² foram: formulação do

¹² Neste trabalho a sequência de etapas proposta por Gil (2002, p. 137) foi adaptada. O autor considera como última etapa do estudo de caso a preparação do relatório, que seria a apresentação de todos dados (problema, metodologia, resultados e conclusões). Neste estudo considerou-se como última etapa dos estudos de caso, a etapa de conclusões.

problema; definição da unidade caso; determinação do número de casos; elaboração do protocolo; coleta de dados; avaliação e análise de dados; e conclusões.

▪ **Formulação do problema**

Constituiu a etapa inicial da pesquisa, decorrente de processo de reflexão e imersão no estado da arte e fontes bibliográficas adequadas. Nessa etapa buscou-se garantir que o problema a ser analisado fosse passível de verificação a partir do delineamento da pesquisa (estudos de casos).

▪ **Definição da unidade-caso**

Nesta etapa buscou-se definir o tipo de caso a ser estudado e os critérios usados para a seleção. Segundo Gil (2002, p. 138), a delimitação da unidade-caso não é tarefa simples, pois não existem limites concretos na definição de qualquer processo ou objeto. Considerando a classificação de Stake (2000 apud GIL, 2002)¹³ o tipo de caso estudado nesta pesquisa é o instrumental, ou seja, é desenvolvido com o propósito de auxiliar no conhecimento ou redefinição de determinado problema.

As unidades-caso estudadas foram os processos colaborativos visando à integração de projetos com uso do BIM, entre profissionais de arquitetura e engenharia no contexto de Natal/RN. Os processos colaborativos foram mapeados com base nas descrições dos processos de cada empresa participante do respectivo processo colaborativo, considerando-se as disciplinas analisadas. O estudo concentrou maior foco no processo de arquitetura em relação ao de engenharia. Os critérios utilizados para definição dos estudos de caso foram:

a) Maior possibilidade de maximização do aprendizado. O caso deve refletir o maior número de aspectos que podem ser aprendidos e em consequência favorecer o entendimento do problema estudado por meio de suas características. Para Stake (1995), esse é o primeiro critério que deve ser adotado;

¹³ Stake (2000) classifica os estudos de caso em três tipos: intrínseco, instrumental e coletivo. “[...] Estudo de caso intrínseco é aquele em que o caso constitui o próprio objeto de pesquisa. O que o pesquisador almeja é conhecer em profundidade, sem qualquer preocupação com o desenvolvimento de alguma teoria. [...] O estudo de caso instrumental é aquele que é desenvolvido com o propósito de auxiliar no conhecimento ou redefinição de determinado problema. O pesquisador não tem interesse específico no caso, mas reconhece que pode ser útil para alcançar determinados objetivos. [...] Estudo de caso coletivo é aquele cujo propósito é o de estudar características de uma população. Eles são selecionados porque se acredita que, por meio deles, torna-se possível aprimorar o conhecimento acerca do universo a que pertencem [...]” (STAKE, 2000 apud GIL, 2002, p. 138-139).

b) A unidade-caso deveria apresentar em pelo menos uma das etapas do processo de projeto arquitetônico, algum trabalho colaborativo com uso do BIM visando à integração entre as propostas de arquitetura e de uma ou mais disciplinas de engenharia, independente do estágio de implantação do BIM dos escritórios participantes.

Inicialmente, em relação a esse critério, considerou-se como profissionais participantes:

- i. Escritórios ou autônomos que desenvolvem projetos de arquitetura e engenharia, realizando processos colaborativos entre os profissionais da própria empresa (colaboração interna);
- ii. Escritórios ou autônomos de arquitetura ou engenharia que desenvolvem pelo menos uma disciplina, fazendo a integração com o(s) projeto(s) do parceiro (colaboração externa);
- iii. Os participantes deveriam atuar no desenvolvimento de projeto de arquitetura e/ou engenharia, e não apenas na realização da modelagem 3D após a(s) proposta(s) ser(em) realizada(s);
- iv. Indicação dos escritórios por representantes autorizados de softwares BIM e instrutores com certificação para ministrar cursos de aplicativos BIM. Após as indicações, verificou-se se os escritórios atendiam aos critérios anteriores (a e b);
- v. Localização do escritório no contexto geográfico de Natal/RN;
- vi. Escritórios que pudessem fornecer as informações solicitadas no protocolo de entrevistas e apresentar projetos que exemplificassem o processo descrito.

Com a aplicação desses critérios foram identificados em Natal/RN poucos escritórios cuja colaboração entre arquitetura e engenharia ocorria por meio do BIM. Visando identificar outros profissionais que atendessem aos critérios supracitados e assim viabilizar o estudo, foram realizadas 2 (duas) pesquisas do tipo survey no mercado local, sendo a primeira na fase inicial da pesquisa, no ano de 2015, e a segunda em 2017, com identificação de 24 escritórios. E, a partir do início da coleta de dados de campo, outros escritórios foram citados pelos engenheiros e arquitetos participantes da pesquisa.

Devido à dificuldade de identificar escritórios de arquitetura e engenharia que desenvolvessem e colaborassem com o BIM, definiu-se que os participantes dos processos mapeados poderiam ser escritórios que atuavam com BIM ou aplicativos

CAD, porém, nos casos analisados a integração das disciplinas deveria ocorrer por meio de softwares de modelagem da construção.

Durante a coleta de dados verificou-se que, a depender do tipo de projeto, dentre outros fatores, as atividades e etapas dos processos colaborativos apresentavam variações em um mesmo escritório, assim, procurou-se mapear os procedimentos e etapas principais de cada empresa, em seguida, analisar pelo menos um projeto de cada escritório, que apresentasse o processo mapeado.

▪ **Determinação do número de casos**

O estudo de caso pode ser realizado com um ou mais casos, mas Gil (2002, p. 139) considera que o estudo de múltiplos casos traz mais qualidade à pesquisa pois possibilita a análise de diferentes contextos, enriquecendo o trabalho, no entanto, requer mais tempo e uma metodologia mais elaborada, pois todos os casos devem ser submetidos às mesmas questões e procedimentos. Segundo esse autor (2002, p. 139-140), não há um número ideal de casos, costumando-se utilizar entre 4 (quatro) e 10 (dez) casos.

Assim, considerando-se as recomendações de Gil (2002) em relação ao estudo de múltiplos casos, foram realizados 6 (cinco) estudos em Natal-RN, visando expressar a realidade do contexto local quanto a temática. Além desses, de modo a ampliar e qualificar as análises e conclusões do cenário do abordado, foram realizados 4 (quatro) estudos de referência obedecendo os mesmos critérios de seleção supracitados, porém em escritórios com destaque no uso do BIM a nível nacional (Recife/PE e São Paulo/SP) e internacional (Buenos Aires e Rosário – Argentina).

O tempo disponível para a elaboração da dissertação também foi considerado como critério para a definição do número de casos a serem analisados, visto que, um número elevado de casos exige mais tempo para coleta, compilação e análise de dados.

▪ **Elaboração do protocolo**

Nessa etapa foi elaborado o protocolo de entrevistas – o principal instrumento de coleta de dados dos estudos de caso e estudos de referência. As entrevistas foram do tipo semiestruturadas, que permitem certa flexibilidade no roteiro do protocolo, o pesquisador pode acrescentar questões e direcionar as perguntas conforme as respostas do entrevistado e aquilo que se pretende estudar (BONI; QUARESMA, 2005).

Para a elaboração do protocolo de pesquisa foi adotada a metodologia de Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011), que é aplicada a pesquisas qualitativas e visa analisar o conteúdo das comunicações. Neste estudo, as comunicações submetidas à análise de conteúdo foram as transcrições das entrevistas de cada estudo de caso.

Segundo a metodologia de Bardin (2011), para a realização de uma análise das comunicações, os dados devem ser sistematizados adequadamente, sendo necessária a correta elaboração: da(s) questão(es) a ser(em) respondida(s); dos instrumentos de coleta de dados (protocolo); da preparação do material transcrito após entrevistas; da definição das categorias de análise; e outros aspectos.

As categorias de análise podem ser definidas *a priori* ou *posteriori*, ou seja, na elaboração do roteiro do protocolo a partir dos temas abordados pelas questões ou na fase de exploração dos dados coletados, a partir dos temas mais relevantes e mais abordados. Nesse sentido, considerando-se a questão central e as principais temáticas da pesquisa (processo de projeto, colaboração, integração de projetos e tecnologia BIM), elaborou-se o protocolo de entrevistas (Quadro 11), que visou à caracterização do perfil do escritório, e a organização das questões em três unidades de contexto.

Além da caracterização do perfil do escritório, o protocolo de pesquisa apresenta três Unidades de Contexto:

a) **Tecnologia BIM:** com esta unidade de contexto buscou-se verificar alguns aspectos da implantação da tecnologia BIM nos escritórios, em especial, se houve planejamento para implantação do BIM e revisão dos processos para favorecer as novas formas de colaboração e integração dos projetos. Outros pontos também foram abordados, como as mudanças relacionadas ao perfil das equipes internas e externas e formas de contrato. O estudo de alguns pontos da implantação da tecnologia favorece o entendimento dos atuais processos de projeto praticados dos escritórios.

b) **Processo de Projeto Arquitetônico:** o propósito dessa unidade de contexto foi verificar como se dá o processo de projeto arquitetônico, atividades desenvolvidas, como ocorre a comunicação da equipe, softwares utilizados, nível de detalhamento dos projetos, uso e compartilhamento do modelo 3D (de arquitetura). Com o estudo do processo de projeto têm-se o entendimento da forma de trabalho da empresa, de fases de projeto para, em seguida, aprofundar o conhecimento sobre os processos colaborativos e integração de projetos.

c) **Processos Colaborativos para Integrar Projetos:** as questões dessa unidade tinham como intuito coletar dados sobre os processos colaborativos para integrar os modelos virtuais das disciplinas de arquitetura e engenharia, como se dá o compartilhamento e gerenciamento dos dados, quais as formas de comunicação das equipes e que recursos elas utilizam, como e quais softwares de colaboração são usados, que fatores dificultam a colaboração entre os profissionais, dentre outros pontos abordados.

Quadro 11: Protocolo de entrevistas dos estudos de caso e de referência

Empresa:		Formação do Proprietário:	Ano de Formação do Proprietário:
Ano de Fundação:		Perfil da equipe técnica interna:	Perfil dos clientes:
Principais tipos de projetos:			
Unidade de Contexto	Tecnologia BIM	1. Ano de implantação do BIM? 2. Todos os projetos são desenvolvidos com o BIM? () Sim () Não 3. Houve planejamento para implantar tecnologia? () Sim () Não 4. Foram definidos processos de colaboração entre as equipes interna e externa visando à integração de projetos de arquitetura e engenharia? Quais? 5. Foram percebidas modificações no perfil das equipes interna e externa? Quais? 6. Foram percebidas alterações nas formas de contrato? Quais?	
Unidade de Contexto	Processo de Projeto Arquitetônico	7. Quais as fases? 8. Atividades desenvolvidas? 9. Como as atividades são distribuídas entre a equipe técnica? 10. Há um gerente ou coordenar BIM? 11. Como ocorre a comunicação da equipe? 12. Como o modelo 3D é compartilhado com a equipe interna? 13. Softwares usados em cada fase e a função de cada um deles? 14. O tempo de projeção sofreu alteração? 15. Nível de Desenvolvimento dos projetos? 16. Dados extraídos do modelo 3D?	
Unidade de Contexto	Processos Colaborativos para Integrar Projetos	17. Que disciplinas de engenharia são integradas ao projeto de arquitetura? 18. Que profissionais participam da colaboração? 18.1. Equipe Interna 18.2. Equipe Externa 19. Em que fase do processo de projeto arquitetônico tem início a colaboração visando a integração com os projetos de engenharia? 20. Os trabalhos são realizados concomitantemente ou sequencialmente pelos diferentes especialistas? 21. Que processos colaborativos visam a integração do projeto de arquitetura com os de engenharia? 22. Como ocorrem os processos para integração de cada disciplina? 23. Há um processo de coordenação para facilitar a integração dos projetos? Como ocorre? Existe um coordenador? 24. Como o modelo 3D é compartilhado para integrar os projetos? (mecanismos de trocas de informação e compartilhamento do modelo) 25. Quem tem acesso ao modelo? 26. Como são os mecanismos e controle de acesso ao modelo? 27. Como ocorre a comunicação entre os profissionais? 28. Como e onde são realizadas as reuniões com os colaboradores externos? 29. Que conteúdos/materiais são usados nas reuniões? 30. Que softwares usados e a função de cada um deles? 31. Que outros recursos tecnológicos/áudio-visuais são utilizados para favorecer a colaboração? 32. Que configurações os arquivos precisam atender (exemplo: extensão, templates, layers, etc.) para facilitar a integração dos modelos de cada disciplina? 33. Falhas apresentadas pelos modelos durante/após a integração? 34. Existem perdas de dados (interoperabilidade)? Como são resolvidas? 35. Que fatores têm contribuído para limitar a colaboração e a integração de projetos de arquitetura e engenharia (Pessoas, tecnologias, processos)?	

Fonte: Elaboração do autor, 2018

▪ **Coleta de dados**

O principal instrumento de coleta de dados foram as entrevistas semiestruturadas, gravadas e com os áudios posteriormente transcritos. As perguntas das entrevistas eram do tipo abertas e fechadas e seguiram roteiro previamente definido, a partir de protocolo com as três unidades de contextos apresentadas acima.

Além das entrevistas semiestruturadas foram utilizadas outras formas de coleta de dados dos multicaseos. Segundo Gil (2002), “[...] Obter dados mediante procedimentos diversos é fundamental para garantir a qualidade dos resultados obtidos [...]”. Nos estudos de caso, os dados podem ser obtidos a partir de entrevistas, análise de documentos, observação espontânea, dentre outras formas (GIL, 2002, p. 140-141).

Assim, de modo a complementar os dados das entrevistas, foram coletadas informações e imagens de projetos desenvolvidos com base em explicações dos profissionais dos escritórios, que apresentaram também alguns recursos e aplicações dos softwares usados nos processos de projeto.

▪ **Avaliação e análise dos dados**

Gil (2002) aponta que “entre os vários itens de natureza metodológica, o que apresenta maior carência de sistematização é o referente à análise e interpretação dos dados [...]”. Como os dados dos estudos de casos podem ser obtidos de maneiras variadas, as análises e interpretações também dão margem a diferentes possibilidades de abordagens, mas é natural que a abordagem das análises seja predominantemente qualitativa (GIL, 2002, p. 141).

Desse modo, foi adotada como técnica de análise dos dados, a análise de conteúdo de Bardin (2011), voltada a pesquisas de caráter qualitativo. Conforme exposto anteriormente na etapa de elaboração do protocolo de entrevista, a análise de conteúdo busca analisar as comunicações e seus procedimentos e tem início com a definição adequada da questão de pesquisa e do protocolo. Na elaboração do protocolo definem-se as temáticas a serem abordadas para posterior coleta de dados de campo e análises.

Após a coleta de dados, conforme Bardin (2011), análise conteúdo prevê 3 (três) fases fundamentais: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados – a inferência e a interpretação:

a) Pré-análise: normalmente envolve a leitura flutuante, ou seja, um primeiro contato com os documentos que serão submetidos à análise. Esta fase de análise ocorreu após transcrições dos áudios das entrevistas realizadas. Após transcrições dos áudios, foram realizadas sínteses de cada processo, presentes nos Capítulos 3 e 4.

b) Exploração do material: nesta fase são definidas as categorias de análise, segundo Bardin (2011), a priori ou a posteriori – a partir da teoria ou após a coleta de dados. Nesta pesquisa, a elaboração do protocolo de entrevistas baseado em unidades de contexto facilitou a definição do Quadro de unidades de análise, ou seja, de categorias (Apêndice 1), para compilação dos dados de cada um dos 10 (dez) processos, conforme apresentados nos Capítulos 3 e 4.

c) Tratamento dos resultados: nesta fase ocorrem as inferências e interpretações. Durante a interpretação dos dados é preciso voltar aos marcos teóricos, pois eles dão o embasamento e as perspectivas significativas para o estudo. A relação entre os dados obtidos e a fundamentação teórica é que dará sentido à interpretação. Neste trabalho, os dados foram analisados no capítulo 5, em categorias de análise e em seguida, foram definidos 3 cenários de colaboração e analisados os estágios de implantação do BIM nos escritórios, também como base nos dados dessas categorias.

Em relação às unidades de análise (categorias) – definidas na fase de Exploração do Material descrita anteriormente no item b – a escolha foi direcionada pela definição das unidades de contexto do protocolo de entrevistas, e apoiou-se também em: Manzione (2013) que considera relevante no estudo do trabalho colaborativo quatro recursos chaves: pessoas, processos, tecnologia e dados”; Christiansson (2001), segundo o qual alguns parâmetros básicos podem ser utilizados para descrever a colaboração, conforme Quadro 8; e em Ledo e Pereira (2004), que abordaram o trabalho colaborativo com base em categorias de análises, conforme descrito no levantamento do Estado da Arte.

Assim, para o estudo dos processos colaborativos visando à integração de projetos foram definidas 10 (dez) categorias (unidades de análise). São elas:

i. Fases de projeto¹⁴: representa as principais etapas de projeto e atividades desenvolvidas durante os processos. Nesta categoria busca-se apresentar todo o processo de projeto arquitetônico mapeado, os principais passos do processo de engenharia, os momentos reunião dos colaboradores, de coordenação de disciplinas e de definição de soluções voltadas à integração. Nos quadros de cada caso são apresentados fluxogramas que expressam cada um dos multicasos.

ii. Ferramentas (softwares): identifica os principais softwares usados por cada profissional, aplicados desde os momentos iniciais do processo para elaboração das propostas, como ferramentas de modelagem, compatibilização, apresentação, de análises de sustentabilidade, aplicativos voltados à colaboração e comunicação e outros.

iii. Equipe: o objetivo desta categoria é identificar os profissionais envolvidos nos processos mapeados, e principalmente no processo de integração. Considera-se aqui a equipe envolvida na elaboração do projeto exemplificado no quadro e não a quantidade de profissionais de cada empresa participante. Neste estudo considera-se como sendo da equipe interna, os profissionais do próprio escritório de arquitetura e a equipe externa os profissionais colaboradores de engenharia.

iv. Formas de comunicação: visa expressar como ocorre a comunicação entre os colaboradores e quais recursos tecnológicos são empregados.

v. Produto: busca identificar ao final do processo, qual o produto entregue, se o cliente recebe todos os projetos integrados ou se cada profissional entrega sua disciplina separada. Assim, é possível observar possíveis mudanças nas formas de contratação e se os bancos de dados são entregues completos aos clientes para possibilitar o uso ao longo do ciclo de vida da construção.

¹⁴ Nos fluxogramas de cada estudo de caso e de referência, o processo de projeto arquitetônico e de engenharia, assim como os momentos de colaboração dos escritórios, são diferenciados por legenda específica, conforme indicados nos quadros dos multicasos. Buscou-se identificar também: a) o momento onde inicia a definição de soluções integradas pelos colaboradores, ou seja, quando tem início a proposição de soluções definidas em conjunto pelos projetistas das diferentes disciplinas; b) o momento onde iniciam atividades que visam à integração de disciplinas, não necessariamente resultante reunião com colaboradores, mas também de soluções adotadas isoladamente por profissional de alguma das disciplinas. c) e o momento de integração das disciplinas, quando os profissionais reúnem os modelos para compatibilização. Nos multicasos abordados há um profissional que faz a integração, não necessariamente o coordenador do processo, um profissional que reúne as disciplinas e faz a detecção de interferências. Pode ocorrer em alguns casos, a sobreposição dos momentos descritos em a, b e c.

vi. Worksets: visa identificar e os escritórios utilizam worksets ou outros recursos que potencializem o trabalho colaborativo, como o desenvolvimento de atividades concomitantemente;

vii. Forma de compartilhamento dos modelos: observa como os colaboradores compartilham seus projetos para favorecer a integração, e quais as formas de compartilhamentos utilizadas.

viii. Coordenação: o objetivo desta unidade de análises é verificar como ocorre o processo de coordenação de disciplinas e quem é responsável (escritório, projetista e/ou cliente) pela coordenação e integração das propostas.

ix. Interoperabilidade: busca apresentar possíveis problemas decorrentes do uso de diferentes softwares pelos colaboradores, e em que medida está o uso aplicativos de mesmo ou diferentes proprietários.

x. Fatores que limitam a colaboração e a integração de projetos: o objetivo desta categoria é identificar a partir do ponto de vista dos escritórios que fatores limitam a colaboração e integração das disciplinas, para em seguida, analisar os tipos de limitações mais frequentes, ou seja, se são as relacionadas ao campo de tecnologia, processos ou políticas.

Além das categorias, buscou-se compilar no quadro de unidades de análise projetos realizados pelos escritórios, que exemplificam o trabalho colaborativo das respectivas empresas envolvidas em cada processo.

Durante a análise dos dados observou-se diferenças entre os multicaseos, mas também semelhanças que possibilitaram a categorização dos processos em 3 (três) cenários de colaboração. Para a definição desses cenários, foram considerados como aspectos principais: a maneira dos profissionais da equipe interna e/ou externa trabalharem juntos; a forma como desenvolvem a modelagem; e o modo de integração das disciplinas.

A definição dos 3 (três) cenários baseou-se em Jørgensen et al. (2008), porém com diferenças relevantes da proposta desses autores, dentre outros aspectos, devido ao fato dos cenários descritos por estes referirem-se à colaboração com uso do IFC, o que se supõe a aplicação de ferramentas de diferentes fabricantes, enquanto que os processos abordados nesta pesquisa são caracterizados pelo predomínio de ferramentas de modelagem BIM de mesmo fabricante.

Para auxiliar na classificação dos processos colaborativos, foram realizados diagramas de cada um dos casos – com aproximações dos propostos por Jørgensen

et al. (2008) – e em seguida a categorização em um dos três cenários, conforme os critérios supracitados.

Outro item analisado nesta pesquisa foi a implantação do BIM nas empresas participantes dos multicasos abordados. Com base em Succar (2009), foi definido o estágio de maturidade do BIM de cada escritório. Segundo o autor, há 3 (três) estágios de maturidade do BIM, além das fases Pré-BIM – que representa o *status* da indústria antes da implementação do BIM – e a fase IPD (Integrated Project Delivery - Entrega do Projeto Integrado) que denota o objetivo final da implementação do BIM (Figura 12).

Para definição das empresas em um desses estágios, o autor sugere a realização de uma autoavaliação dos escritórios em relação a critérios e requisitos para qualificar o estágio de implementação do BIM, com base na análise dos componentes de tecnologia, processo e política. Porém, por não ser o foco principal deste estudo, a definição do estágio de maturidade das 16 empresas base trata-se de uma aproximação, a partir do cruzamento dos dados das entrevistas com as principais características descritas por Succar (2009) sobre cada um dos estágios.

É importante considerar que embora as empresas estejam em diferentes níveis de implantação do BIM, algumas foram classificadas no mesmo estágio de maturidade do BIM, visto que se trata de uma aproximação. Além disso, observa-se que os escritórios apresentam características pertencentes a mais de um estágio de maturidade, ou seja, em alguns aspectos de um escritório o BIM está avançado em outros não. Assim, para a definição do estágio de maturidade de cada empresa considerou-se os critérios principais citados por Succar (2009): Pré-BIM – documentação 2D; BIM Estágio 1 – implantação do BIM iniciou, mas não há troca de modelos; BIM Estágio 2 – colaboração baseada em modelos; BIM Estágio 3 – integração baseada em rede; IPD – empresas maduras no estágio 3 e que começam a vincular outros tipos de dados.

▪ Conclusões

Após a realização das análises, foram apresentadas as conclusões sobre os 6 (seis) estudos de caso de Natal/RN. Tanto nas análises quanto nas conclusões buscou-se estabelecer relações comparativas observando semelhanças e diferenças com os 4 (quatro) estudos de referência nacionais e internacionais. Também foram

estabelecidas relações entre os processos analisados e a consulta on-line descrita a seguir.

3.3.3 Aplicação da Consulta On-line

Paralelamente ao estudo de multicasos e visando apresentar um cenário qualitativo e quantitativo sobre a utilização do BIM no meio profissional dos escritórios de arquitetura no Rio Grande do Norte (RN), foi realizada Consulta On-line, com arquitetos e urbanistas registrados no Conselhos de Arquitetura e Urbanismo do RN.

Na consulta on-line, as etapas de pesquisa adotadas foram: formulação do problema; elaboração do formulário eletrônico; coleta de dados; avaliação e análises dos dados; conclusões.

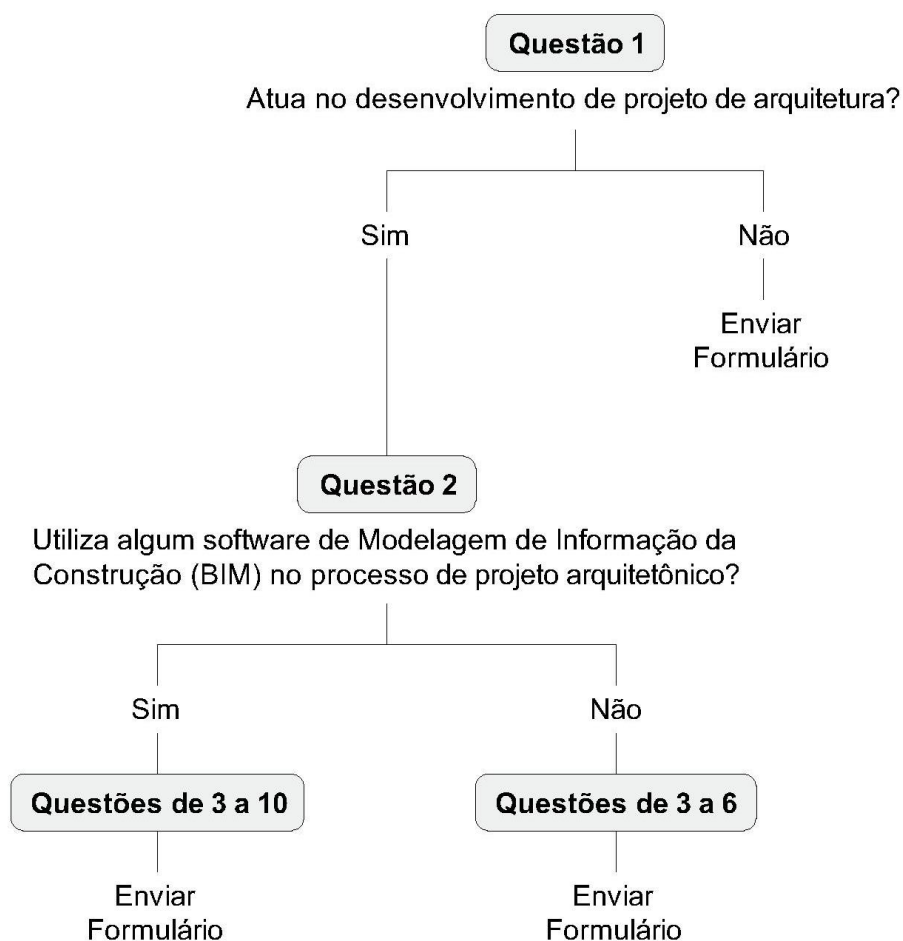
▪ Formulação do problema

Assim como nos estudos de caso, na pesquisa on-line esta etapa inicial decorrente de processo de reflexão e imersão no estado da arte e fontes bibliográficas adequadas.

▪ Elaboração do formulário eletrônico

O roteiro do formulário (Figura 32 e Apêndices 2 e 3) foi elaborado de forma a separar os participantes em 3 grupos: a) os que não atuavam no desenvolvimento de projeto de arquitetura; b) os que fazem uso do BIM no processo de projeto de arquitetura e; c) os que desenvolvem projeto de arquitetura mas não utilizam o BIM no processo de projeção. O interesse da pesquisa concentrou-se principalmente no grupo “b”, mas também no “c”.

Dentre outros aspectos, a pesquisa on-line buscou verificar em que medida os arquitetos e urbanistas do RN tem se apropriado do BIM no processo de projeção, de que ferramentas e recursos tem aplicado, quais os reflexos do uso da tecnologia nos processos colaborativos, bem como os benefícios e pontos negativos das ferramentas. Com esta pesquisa, procurou-se verificar também em que medida os atuais usuários dos recursos CAD, tendem a adotar as ferramentas BIM em seus escritórios e que fatores tem limitado a implantação.

Figura 32: Roteiro do formulário on-line

Fonte: Elaboração do autor, 2017

Procurou-se elaborar questões curtas e objetivas – facilitando o entendimento e participação – e tendo algumas, a opção “outros” para evitar tendência nas respostas e ampliar o nível de confiabilidade dos dados. As respostas dos participantes que utilizaram a opção “outros” foram categorizadas, considerando como principal critério o número de incidências.

▪ Coleta de dados

O formulário on-line esteve disponível para participação durante o período de 08 meses. E foi respondido por um total de 196 participantes, ou seja, aproximadamente 8,28% do total de profissionais registrados no conselho local (CAU/RN). A medida que os profissionais participavam os dados eram acumulados automaticamente em planilha do Excel.

Em janeiro de 2018, quando o questionário foi reenviado pelo CAU-RN aos profissionais, visando a alcançar maior índice de participação, o Conselho contava em todo o estado do RN com 2.366 arquitetos registrados.

Os profissionais foram entrevistados por meio de formulário virtual enviado inicialmente por e-mail pelo CAU/RN e em seguida também por redes sociais (WhatsApp e Facebook), ficando disponível por um total de 8 (meses). A possibilidade de responder ou não ficou a critério de cada profissional.

Visando aperfeiçoar o formulário on-line, antes de disponibilizá-lo a todos os profissionais, foi realizado um pré-teste por meio de rede social, cujo número de respondentes foi 22 (vinte e dois), sendo 15 (quinze) o número mínimo recomendado de participantes (segundo orientação de estatístico) para validação do pré-teste. Após a obtenção das respostas, algumas questões foram reformuladas, chegando-se a versão final do instrumento.

▪ **Avaliação e análises dos dados**

Com as respostas disponíveis foram elaborados gráficos também no Excel para favorecer a apresentação dos dados e principalmente as análises e interpretações.

▪ **Conclusões**

Como última etapa da pesquisa on-line foram realizadas as conclusões dos dados, a luz das teorias, e dos estudos de referências e de caso. Desse modo, foi possível traçar conclusões sobre o uso do BIM pelos arquitetos e urbanistas cenário do RN.

4 O USO DO BIM NOS CONTEXTOS INTERNACIONAL E NACIONAL

Este capítulo expõe o mapeamento de processos de escritórios de arquitetura e engenharia que desenvolvem colaboração visando a integração de projetos, com o uso da modelagem de informação da construção – BIM.

Inicialmente é descrita uma contextualização do uso do BIM nos cenários internacional e nacional, seguida da apresentação dos processos mapeados, ou seja, estudos de referência realizados em escritórios de projeto, localizados em Buenos Aires e Rosário – Argentina, São Paulo/SP e Recife/PE – Brasil, que utilizam a modelagem de informação da construção no processo de projeto. E, visando caracterizar a aplicação do BIM no contexto local do estado do Rio Grande do Norte, é apresentada uma pesquisa on-line realizada por meio de formulário eletrônico com os arquitetos associados ao Conselho de Arquitetura e Urbanismo deste Estado.

Com os estudos de referência foi possível ampliar a compreensão de como e em que nível está a aplicação do BIM em escritórios que são referência no uso do BIM no Brasil e Argentina e, em seguida, traçar uma análise comparativa com os dados coletados dos estudos de caso mapeados em Natal-RN.

Em relação ao cenário internacional, Menezes (2011) descreve que, em pesquisas realizadas em 2011, nos Estados Unidos e Europa, mais de 50% dos escritórios de arquitetura declararam utilizar a plataforma BIM. As dificuldades alegadas para adoção se concentravam em aspectos como a incompatibilidade de sistemas e a filosofia de trabalho.

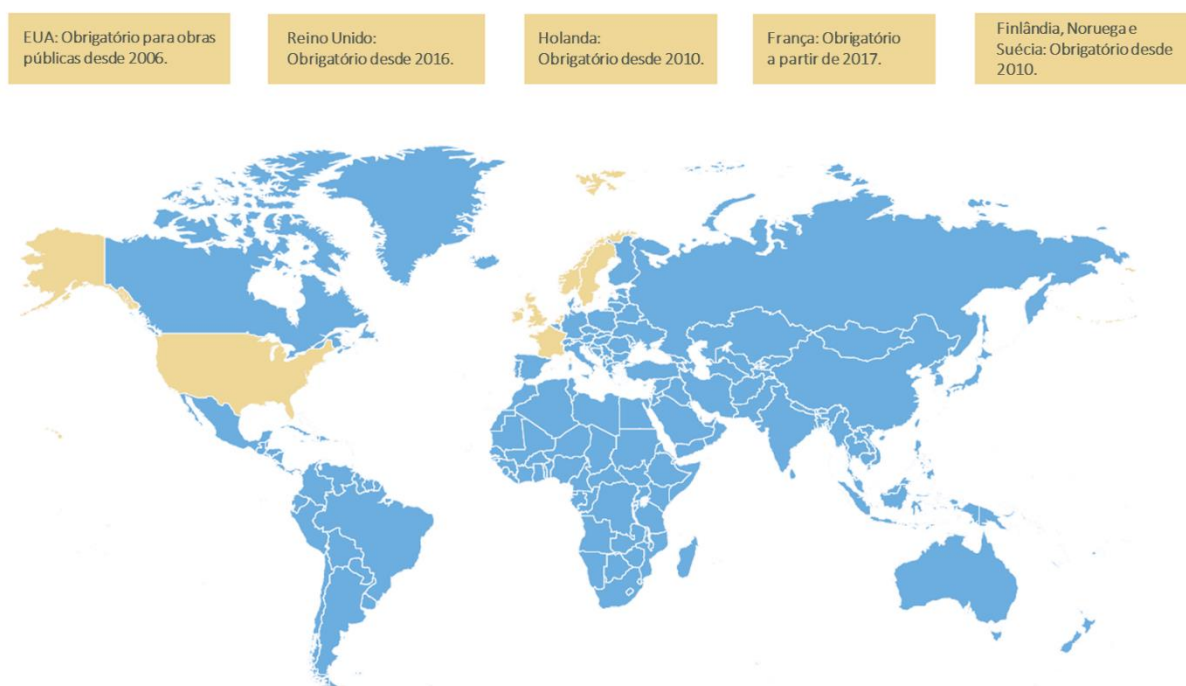
No entanto, apesar dessas dificuldades, é crescente a adoção do BIM como plataforma para desenvolvimento e gerenciamento de projetos em todo o mundo, com destaque para os Estados Unidos, China, Austrália e diversos países da Europa, como Reino Unido e Finlândia. Isto tem sido reforçado pelos próprios órgãos governamentais destas nações, que tem passado a exigir, especialmente para as obras públicas, a entrega dos projetos em modelo tridimensional BIM. Dentro desse cenário, os escritórios que dominarem tal tecnologia possuirão uma vantagem competitiva e em breve todos os escritórios de médio e grande porte do cenário internacional estarão usando BIM (BARONI, 2011 apud MENEZES, 2011).

Além de impulsionar muitas outras inovações, como a robótica e as novas formas de construção, as razões pelas quais os governos de diferentes países em

todo o mundo decidiram promover a exigência do uso de BIM para obras públicas, referem-se principalmente à melhoria de produtividade em termos de custos e tempo e à necessidade de um gerenciamento mais transparente de obras e projetos.

Somando a isso, as tecnologias BIM oferecem ferramentas para desenvolver trabalhos sob a égide da sustentabilidade, levando em consideração aspectos de eficiência energética e otimização de materiais, o que apresenta forte apelo aos trabalhos na área governamental. Outro recurso apontado é o armazenamento e atualização de informações ao longo de toda a "vida" da obra, o que é muito relevante especialmente em se tratando de obras de infraestrutura de grandes magnitudes (ADOPCIÓN DE BIM EN ARGENTINA, 2017).

Figura 33: Obrigatoriedade da adoção do BIM no mundo.



Fonte: Adopción de BIM en Argentina (2017, p. 5).
Nota: Tradução nossa.

Para abordar o processo de implementação do BIM no contexto argentino, é apresentada a recente pesquisa realizada pela Escola de Gestão da Construção (ADOPCIÓN DE BIM EN ARGENTINA, 2017). A pesquisa (on-line) contou com a participação de 377 profissionais da indústria da construção, escritórios de arquitetura, engenharia, fornecedores, estudantes e acadêmicos. Os resultados encontrados estão resumidos a seguir:

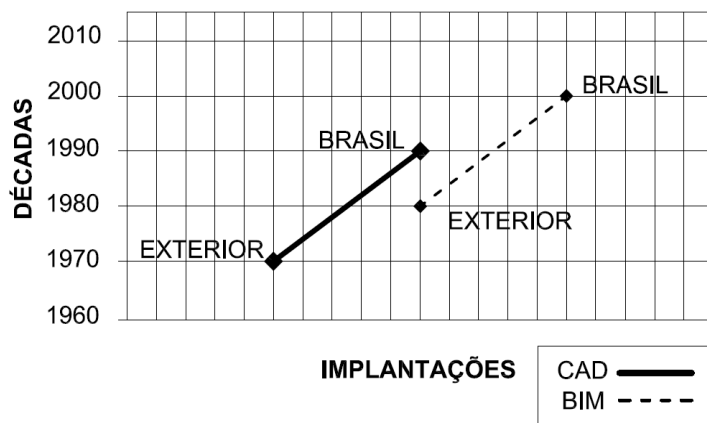
- Foi investigado o *status* de desenvolvimento do BIM na Argentina, verificando-se que falta de conscientização do mercado da construção; 34,7% dos entrevistados ainda não sabem o que é o BIM;
- Entre os 65,3% que conhecem o BIM, quase a metade (46%) ainda não o utilizaram para projeto, ou seja, apenas 1 em cada 3 organizações usou o BIM até agora;
- Entre os que ainda não usam o BIM, 90% estão interessados em aprender mais e/ou implementá-lo em breve;
- Entre os que já usam, 91% planejam manter ou aumentar o uso do BIM em suas organizações.
- A maioria dos entrevistados escolhem projetos residenciais menos complexos para realizar os primeiros testes com BIM;
- Entre os que experimentaram, mais de 90% fizeram por iniciativa própria, com o objetivo de economizar custos e tempo e, ao mesmo tempo, serem inovadores e diferenciados em relação à concorrência;
- A pesquisa destaca que a motivação para começar a usar o BIM por uma obrigatoriedade, em caso de obras públicas, corresponde a apenas 2,2%, o que estaria associado à inexistência de legislação que o exija.
- 91% dos entrevistados apontam que o BIM é uma oportunidade para seus negócios e 74% dos entrevistados acreditam que o BIM substituirá o CAD;
- O Revit da Autodesk é o software mais utilizado entre os entrevistados, com 85,5% de ocorrência. 20,6% afirmam utilizar Navisworks e 16% utilizam Archicad. O Tekla é quase que utilizado exclusivamente por engenheiros estruturais.

A investigação destaca ainda que o principal inibidor para a expansão do BIM no contexto argentino é a falta de profissionais capacitados, sendo apontada a necessidade de o setor da construção daquele país conhecer os benefícios, em particular, econômicos, de modo que as empresas passem a investir em software, treinamento e hardware, para melhoria substantiva na produtividade e qualidade dos projetos.

Em relação a implantação do BIM no Brasil, Menezes (2011) analisou publicações técnicas especializadas quanto à adoção desta nova plataforma nas rotinas de trabalho de diversos escritórios brasileiros. A autora relata que, no Brasil,

do mesmo modo como ocorreu com o CAD, o BIM foi introduzido com cerca de vinte anos de atraso (Figura 34).

Figura 34: Início das implantações BIM e CAD no Brasil no e exterior.



Fonte: MENEZES, 2011, p.168.

A partir do ano 2000, o BIM ganhou espaço, sendo adotado por profissionais de áreas diversas da arquitetura e engenharia. Dentre as dificuldades iniciais relatadas pelos escritórios pioneiros, estão o alto custo do treinamento de pessoal e o investimento em software e hardware. Apesar disto, prevê-se, em médio e longo prazo, o retorno do investimento. Também é destacada, na atual fase da experiência brasileira, a falta de bibliotecas nacionais e de uma cultura de trabalho em equipe, estas são as maiores dificuldades existentes, semelhantemente ao que ocorreu nos Estados Unidos e Europa.

De início, o BIM se estabeleceu no mercado brasileiro mais fortemente no segmento de projetos de arquitetura, ou seja, na etapa inicial da modelagem da edificação. Alguns escritórios de arquitetura destacaram-se neste processo inicial, e estão compilados a seguir.

- Augusto Contier – 2002
- Clarissa Strauss e Gui Mattos – 2004
- Aflalo & Gasperini – 2005
- ACXT – 2009

É mencionada como outra dificuldade de implantação o relacionamento com os escritórios de engenharia, responsáveis pelos projetos complementares. Em 2011,

Menezes (p. 163-164) verificou quanto ao uso do BIM que, no Brasil, “de uma maneira geral, a maioria dos escritórios de arquitetura está trabalhando de forma isolada, com alguma integração com os escritórios de estrutura e nenhuma com os de instalações”.

4.1 O USO DO BIM NA ARGENTINA E BRASIL

Este item apresenta estudos de referências realizados em 4 (quatro) escritórios de projeto, localizados respectivamente em Buenos Aires e Rosário – Argentina, São Paulo/SP e Recife/PE – Brasil, que utilizam a modelagem de informação da construção no processo de projeto. Antes dos estudos é apresentado um perfil sucinto dos escritórios/empresas participantes (Quadro 12) e as disciplinas analisadas nos processos colaborativos entre os profissionais (Quadro 13).

Quadro 12: Perfil das empresas dos estudos de referência internacionais e nacionais

Escritórios/ Empresas/ Profissionais	Área de atuação	Clientes	Natureza dos projetos	Ano de implantação do BIM
A	Arquitetura	Pessoa jurídica	Comercial e institucional	2014
B ¹⁵	Engenharia	-	-	-
C	Arquitetura, Eng. e Construção	Pessoa jurídica	Residências, edifícios multifamiliares, hospitais, aeroportos, etc.	2012
D	Arquitetura	Pessoa jurídica	Residências, edifícios multifamiliares, edifícios corporativos, Fábricas, etc.	2002
E ⁸	Engenharia	-	-	-
F	Arquitetura e Engenharia	Pessoa jurídica	Aeroportos, ferrovias, rodovias.	2012

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

¹⁵ As empresas de engenharia B e E não foram entrevistadas. O processo de projeto de que participaram foi mapeado a partir das informações coletadas com os respectivos escritórios de arquitetura com quem colaboraram.

Quadro 13: Estudos de referência internacionais e nacionais mapeados

Legenda	Escritórios/Empresas/ Profissionais	Disciplinas Analisadas
ER 1	A + B	Arquitetura, HVAC.
ER 2	C (arquitetos + engenheiros)	Arquitetura, Estruturas, Instalações (hidrossanitárias, elétricas, HVAC).
ER 3	D + E	Arquitetura, Estruturas, Instalações (hidrossanitárias, elétricas, HVAC).
ER 4	F (arquiteto + engenheiros)	Arquitetura, Estrutura, Instalações (das edificações), Terraplenagem, Urbanismo, Paisagismo e Infraestrutura (drenagem).

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

4.1.1 Estudo de Referência 1 – ER 1

Este estudo de referência foi realizado em um escritório de arquitetura na cidade de Buenos Aires – Argentina, no qual o processo de projeto arquitetônico, tem duas fases principais: anteprojeto e projeto executivo (conforme citação dos entrevistados). Na fase de anteprojeto inicia-se a concepção da proposta de implantação, urbanização e da edificação. São realizados vários estudos e a proposta definitiva é apresentada ao cliente para aprovação e se necessário são realizados ajustes.

Após a fase de anteprojeto é realizada reunião com os colaboradores externos visando iniciar os projetos complementares, enquanto o arquitetônico segue para a fase de projeto executivo. Quando as propostas das disciplinas complementares estão prontas são marcadas reuniões para integração com a arquitetura e detecção de interferências.

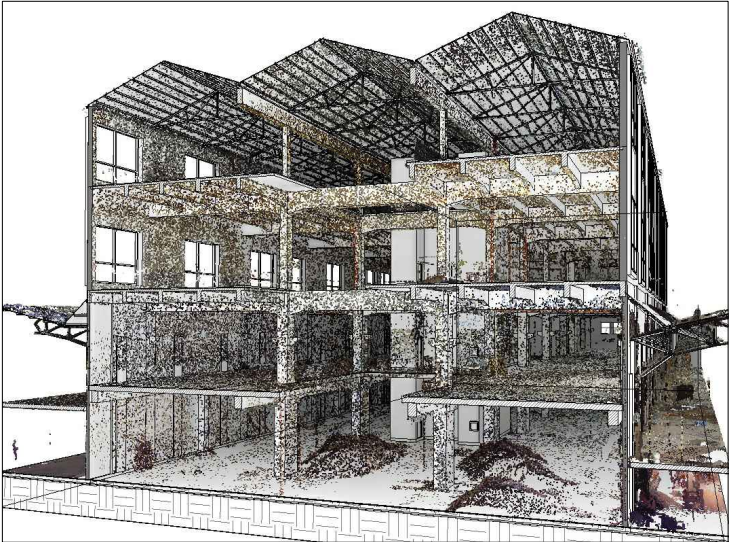
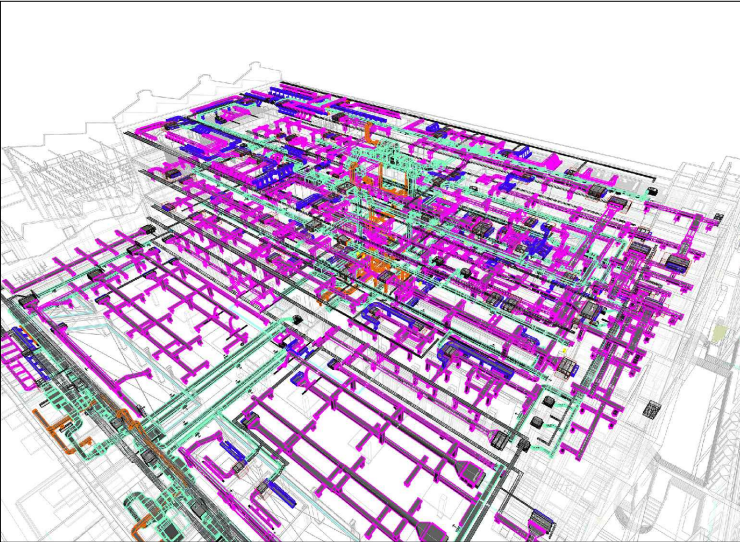

A integração das disciplinas no Revit é feita pelos arquitetos e as incompatibilidades são apresentadas e discutidas com os engenheiros, para realização de ajustes. Para realizar a integração com a arquitetura, geralmente os arquitetos modelam a estrutura no Revit, a partir do projeto estrutural entregue em AutoCAD pelos engenheiros, mas as instalações hidrossanitárias são compatibilizadas no próprio AutoCAD.

A equipe de elaboração do projeto arquitetônico é definida em reunião no começo do processo, antes de iniciada a concepção, e a depender do projeto,

geralmente varia de 4 a 5 arquitetos. Os arquitetos trabalham em rede local e dividem o projeto em worksets, desenvolvendo a proposta em arquivos separados, porém sincronizados ao arquivo central. Já o compartilhamento dos arquivos com os colaboradores externos ocorre por meio da nuvem (Dropbox).

No projeto exemplificado (Figura 35), as instalações de HVAC (heating, ventilating and air conditioning), aquecimento, ventilação e ar-condicionado, foram desenvolvidas já em BIM pelos engenheiros e a integração foi feita pelo escritório de arquitetura. O projeto trata-se de uma proposta de arquitetura para o Prisma Medios de Pago S.A., edificação corporativa de 27.000 m², composta principalmente por escritórios, espaço de alimentação e ginásio. O levantamento da arquitetura e estrutura existentes, foi realizado por meio de *laser scanner* 3D (nuvem de pontos).

Figura 35: Estudo de Referência 1

UNIDADES DE ANÁLISE	Legenda:	Momento onde inicia definição de soluções integradas pelos colaboradores			Momento onde iniciam atividades que visam à integração de disciplinas			Momento de integração das disciplinas		
		<div>Escritório A (processo arquitetura)</div>	<div>Escritório B (processo engenharia)</div>	<div>Escritórios A e B (processo colaboração)</div>	<div>Entrega</div>					
Fases do Processo (Fluxograma)	<div><div><div>Concepção</div><div>Anteprojeto</div><div>Apresentação da proposta ao cliente</div><div>Definição da proposta</div></div><div><div>Reunião: arquitetos, engenheiros.</div><div>Antecipação de soluções de integração</div></div><div><div>Desenvolve proposta</div><div>Elaboração: Projeto HVAC (modelo 3D)</div></div><div><div>Reunião: arquitetos, engenheiros.</div><div>Detecção de interferências</div><div>Definição de soluções.</div></div><div><div>Ajustes no 3D: arquitetura</div><div>Ajustes no 3D: HVAC</div></div><div><div>Entrega</div><div>Entrega</div></div></div>									
Ferramentas (Softwares)	Arquitetura: Revit, para elaboração do anteprojeto, projeto executivo e análise de interferências; 3D Studio, Lumion e Photoshop, para apresentação da proposta. / Engenharia: Revit, para elaboração do projeto.									
Equipe	Arquitetura: 4 ou 5 arquitetos. / Engenharia: 1 engenheiro participou das consultorias para colaboração e integração.									
Formas de Comunicação	Comunicação entre arquitetos e engenheiros: e-mail, telefone, presencial.									
Produto	Arquitetura: projeto em BIM. / Engenharia: projeto em BIM.									
Worksets	Utilizam									
Forma de Compartilhamento dos Modelos	Os colaboradores internos compartilham arquivo central na rede local e com os colaboradores externos pelo Dropbox.									
Coordenação	A coordenação e compatibilização é realizada pelo escritório de arquitetura.									
Interoperabilidade	Não foram citados problemas de interoperabilidade. Neste caso os modelos foram elaborados na mesma plataforma (Revit).									
Fatores que Limitam a Colaboração e Integração	São necessários computadores com memória Ram suficiente para trabalhar com nuvem de pontos.									
Projeto Analisado:	<div><div><div>Levantamento com nuvem de pontos (Edifício corporativo de escritórios - 27.000m²)</div><div></div><div>Fonte: ESARQ, 2018.</div></div><div><div>Integração dos modelos de Arquitetura e HVAC (Edifício corporativo de escritórios - 27.000m²)</div><div></div><div>Fonte: ESARQ, 2018.</div></div><div><div>Integração dos modelos de Arquitetura e HVAC (Edifício corporativo de escritórios - 27.000m²)</div><div></div><div>Fonte: ESARQ, 2018.</div></div></div>									

4.1.2 Estudo de Referência 2 – ER 2

Neste estudo de referência, o processo analisado foi de uma empresa construtora na cidade de Rosário – Argentina, que tanto desenvolve os projetos, como faz o acompanhamento da obra com uso da tecnologia BIM. O processo mapeado apresenta 6 fases principais: concepção e análise de custos, anteprojeto, etapa municipal, etapa grossa, obra fina e terminações.

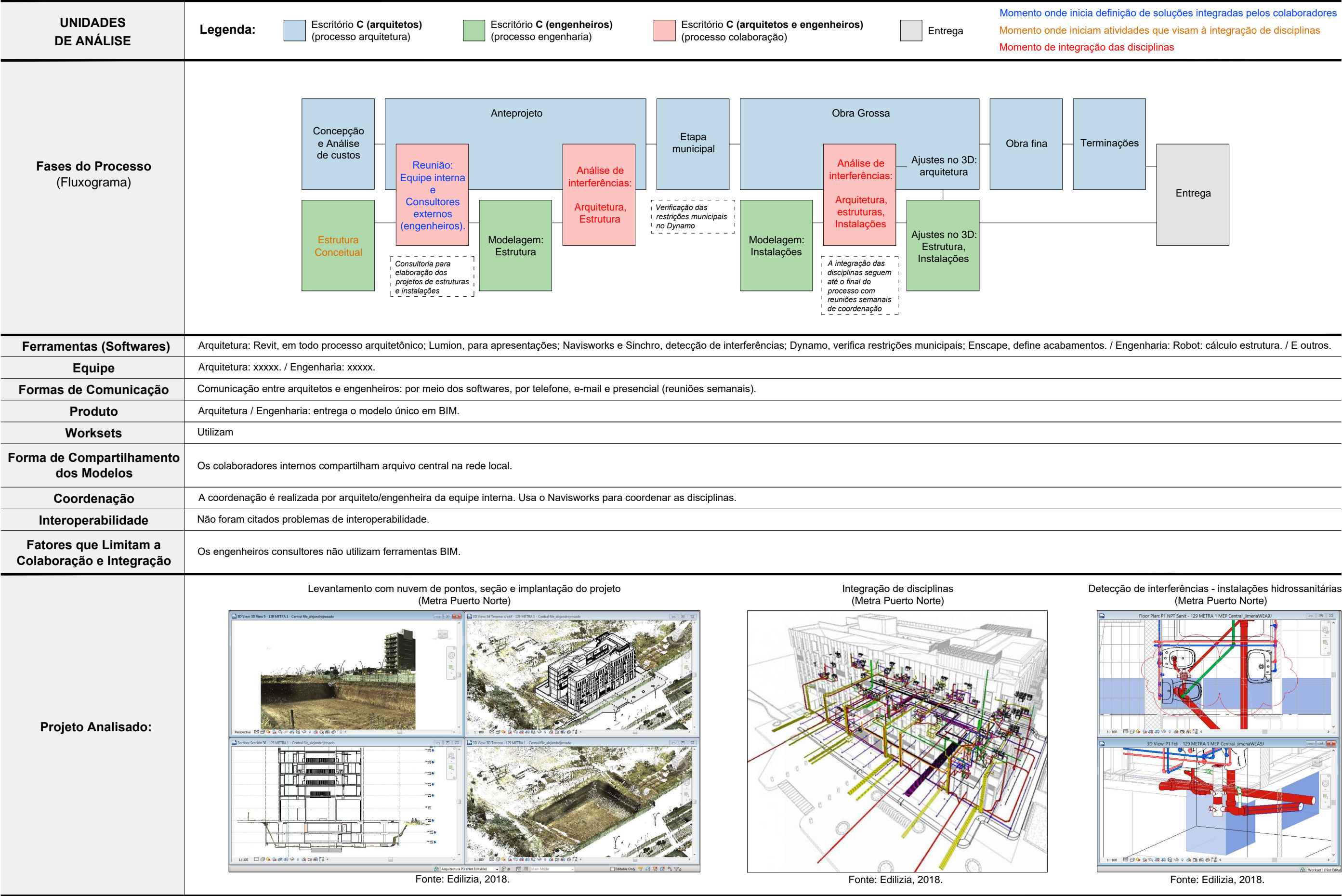
A primeira etapa, visa a concepção inicial da proposta e uma análise aproximada dos custos para aprovação do cliente (construtor). Na segunda etapa são contratados especialistas colaboradores (engenheiros) para dar consultoria para elaboração dos projetos de estruturas e instalações (elétricas, hidrossanitárias e outras). Ou seja, nesse momento tem início o processo de colaboração com profissionais externos. Nesta etapa a estrutura é modelada e já começam algumas análises de interferências com a arquitetura.

Na fase de análise urbanística (denominada de etapa municipal pelo escritório) é verificado no Dynamo se o projeto é compatível com as restrições municipais, e é na etapa denominada grossa que o projeto hidrossanitário e as demais disciplinas são modeladas, ocorrendo o principal momento de detecção de interferências e uma integração mais intensa entre as disciplinas, que segue nas próximas etapas (obra fina e terminações).

Nesse processo (Figura 36), os profissionais trabalham em arquivos separados (arquivos locais) sincronizados ao arquivo central em rede local e cada equipe da empresa é responsável pelo andamento de uma disciplina, que vão sendo enviadas para o coordenador, que usa ferramentas de revisão para enviar comentários e apontar as incompatibilidades. Os softwares utilizados para fazer a integração das disciplinas são o Revit, Navisworks e Synchro.

São realizadas reuniões semanais com todos os profissionais envolvidos no projeto para coordenação das disciplinas, e com o cliente para atendimento do escopo do projeto.

Figura 36: Estudo de Referência 2



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

4.1.3 Estudo de Referência 3 – ER 3

O processo de projeto descrito a seguir é de um escritório de arquitetura do Brasil – São Paulo/SP, pioneiro no uso do BIM no país, tendo implantado em 2002. O processo analisado tem duas fases principais: projeto básico e projeto executivo. Na fase de projeto básico, inicialmente, o escritório recebe o anteprojeto arquitetônico e estrutural na versão dwg (AutoCAD) e, em seguida, com uso do BIM (Revit), modela as curvas de nível, a estrutura e a arquitetura.

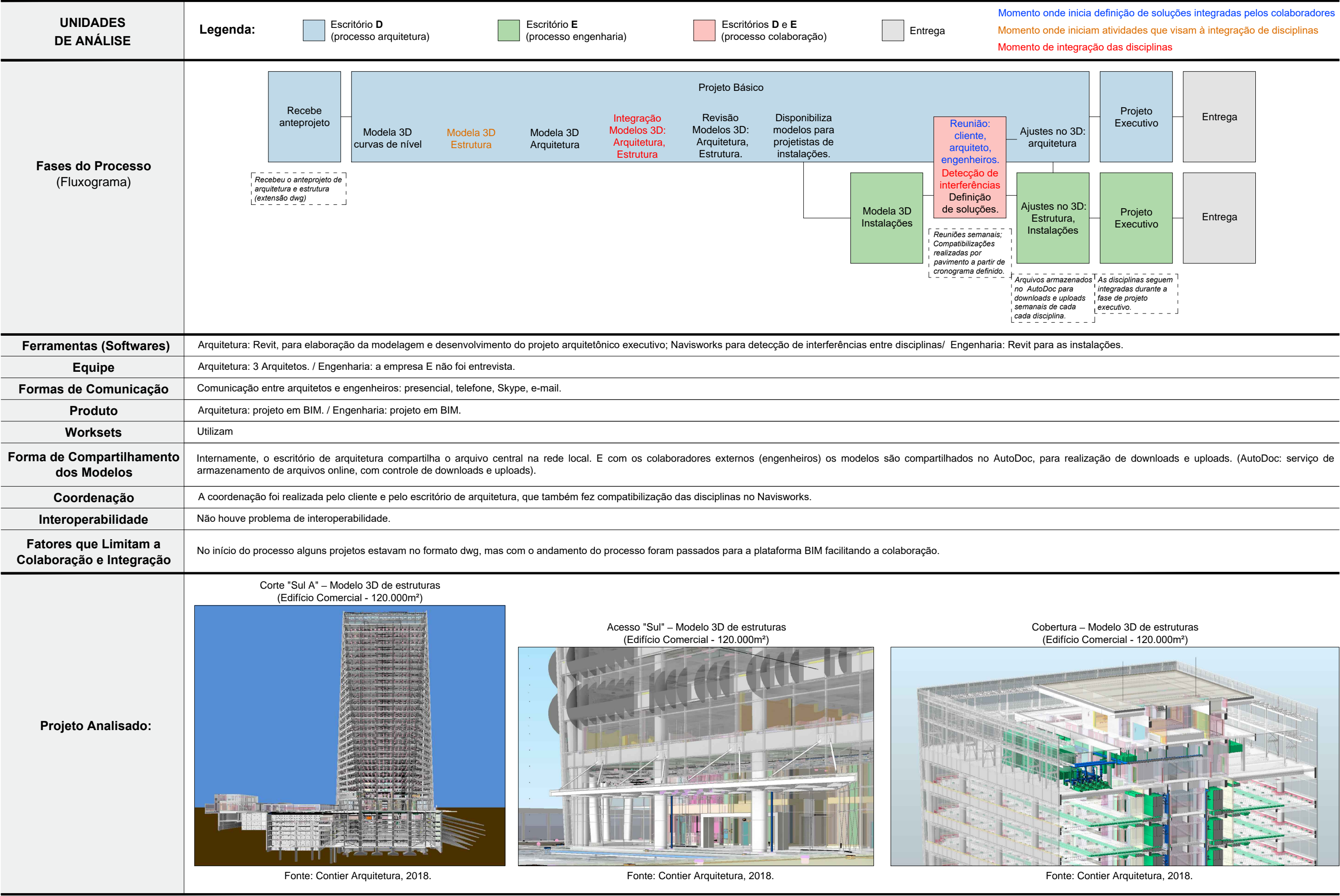
Após a modelagem 3D, é feita a integração e revisão dessas duas disciplinas que, em seguida, são disponibilizadas aos demais projetistas para o desenvolvimento das instalações, como por exemplo, hidrossanitárias, também em BIM. Com todas as especialidades definidas, são realizadas reuniões semanais com os colaboradores para integração dos projetos, verificação de interferências e definição de soluções e ajustes. As compatibilizações são realizadas por pavimento, a partir de cronograma definido, com uso do Navisworks.

Assim, para avançar no desenvolvimento das propostas e compatibilizá-las nas reuniões, semanalmente, os profissionais realizam downloads e uploads dos modelos de todas as disciplinas, a partir do compartilhamento de arquivos no AutoDoc (servidor de armazenamento de dados on-line). Além dos encontros presenciais, os projetistas frequentemente se comunicam por Skype, e-mail e telefone. De modo que, na fase de projeto básico, todas as disciplinas já são integradas e as atividades de verificação de incompatibilidades seguem até o final do processo.

Após o projeto básico, segue a fase de projeto executivo, porém segundo os entrevistados, já no início da primeira fase são inseridas informações relativas a execução da proposta. Durante todo o processo, o gerenciamento das atividades de colaboração entre arquitetos e profissionais externos, e a integração das disciplinas, ficam a cargo do escritório de arquitetura e do empreendedor.

Na Figura 37 são apresentadas imagens de um prédio comercial com espaço corporativo, praça e teatro, de alta complexidade, com 120.000m², cujo projeto seguiu as etapas de processo apresentadas anteriormente. É possível observar a integração entre arquitetura, estrutura e instalações.

Figura 37: Estudo de Referência 3



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

4.1.4 Estudo de Referência 4 – ER 4

O quarto estudo de referência mapeado foi o processo de uma empresa brasileira de projetos de arquitetura e engenharia, localizada em Recife/PE, com filiais no Brasil e exterior, que iniciou a implantação do BIM em 2012. A empresa desenvolve projetos diversos cujos processos apresentam particularidades. A descrição a seguir é referente à elaboração de uma proposta de aeroporto. Neste caso, o projeto executivo de arquitetura da maioria das edificações é padrão e foi disponibilizado pelo Banco do Brasil à empresa, que projetou apenas a guarita e a casa de força.

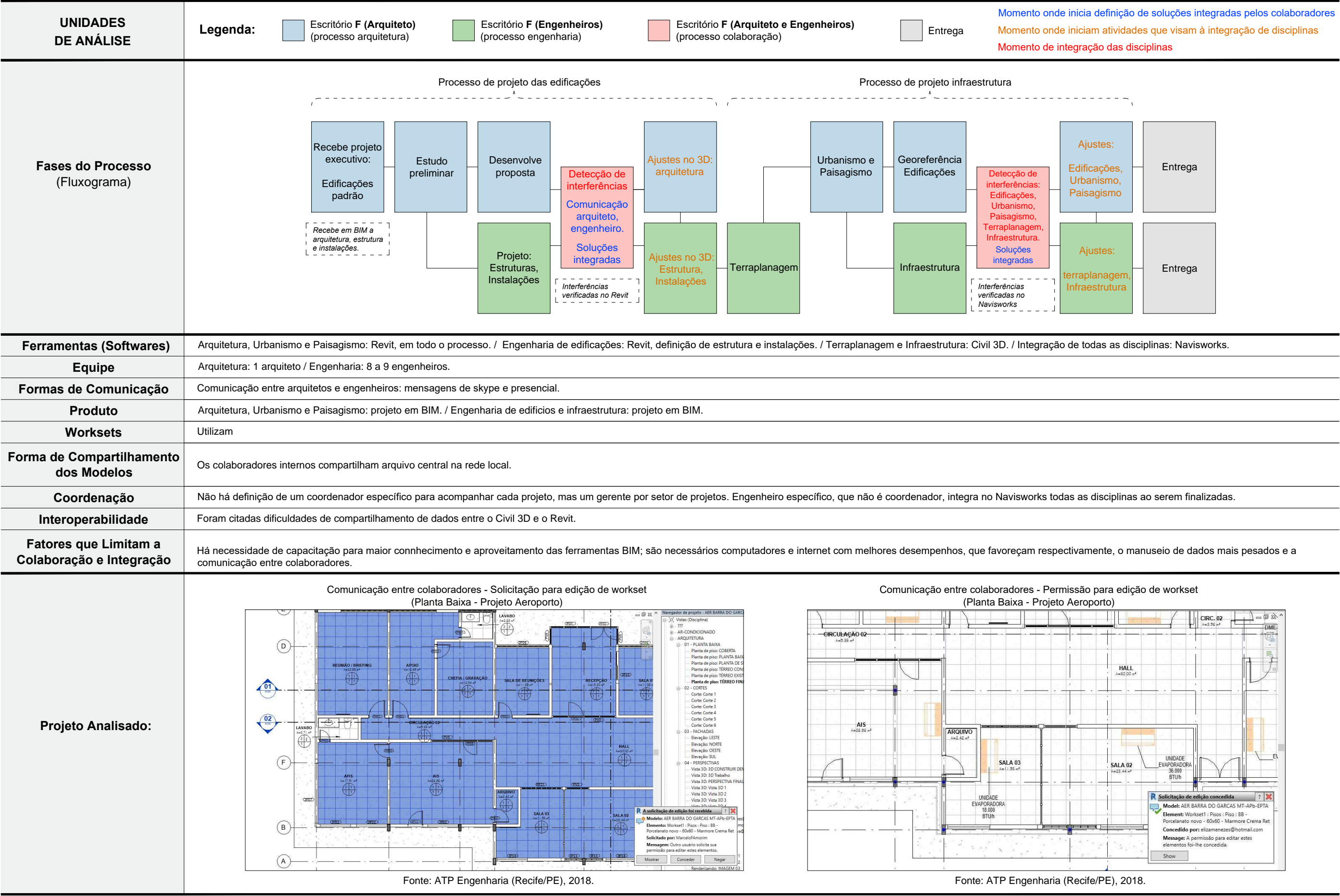
Para elaboração da guarita e casa de força, inicialmente é definida no Revit a arquitetura (volumetria e principais elementos – piso, parede e teto). Em seguida, o projeto é compartilhado na rede local por meio de arquivo central, com os engenheiros (colaboradores internos) que definem a estrutura e instalações em um mesmo arquivo no Revit. Após a definição das disciplinas, é feita a integração das mesmas e finalização do projeto executivo das edificações.

Com todas as edificações definidas (arquitetura e instalações), é realizada a terraplenagem pelos engenheiros no software Civil 3D, que é repassada aos arquitetos em formato de nuvem de pontos, por sua vez, inserida em arquivo do Revit para desenvolvimento dos projetos de urbanismo e paisagismo (exterior das edificações); em seguida é realizada a inserção das edificações georreferenciadas. Quando ocorrem interferências entre o terreno e as edificações, o projeto de terraplenagem é revisado pelos engenheiros.

No momento em que é finalizado o projeto das edificações (arquitetura e instalações), a terraplenagem, urbanismo e paisagismo, todas as disciplinas são passadas para um engenheiro que insere todos os arquivos no Navisworks para compatibilização e detecção de interferências. Ao realizar a revisão, se necessário, são enviadas mensagens para realização de ajustes e, em seguida, novamente é realizada a integração das disciplinas e compatibilização.

Os arquitetos e engenheiros envolvidos no processo de projeto, são da equipe interna, trabalham em colaboração com o uso de worksets e se comunicam de forma presencial e via Skype. Nas imagens da Figura 38 pode-se observar a comunicação entre os colaboradores para controle do acesso e uso de worksets do projeto.

Figura 38: Estudo de Referência 4



4.2 O USO DO BIM NO RIO GRANDE DO NORTE

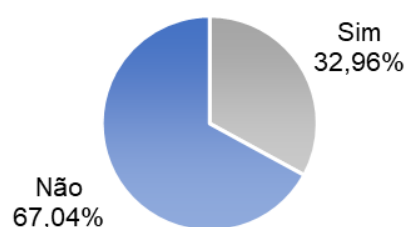
Nesse item é apresentada a consulta on-line realizada a partir da aplicação de formulário eletrônico respondido por arquitetos associados com registro no Conselho de Arquitetura do Estado do Rio Grande do Norte (CAU-RN). Intitulado “o uso da modelagem de informação da construção (BIM) no processo de projeto arquitetônico”, o formulário foi elaborado conforme descrito no Capítulo 2 e apresentado segundo Apêndices 2 e 3, enquanto o roteiro das questões foi organizado de forma a separar os participantes em 3 grupos: a) os que não atuavam no desenvolvimento de projeto de arquitetura; b) os que fazem uso do BIM no processo de projeto de arquitetônico e; c) os que desenvolvem projeto de arquitetura mas não utilizam o BIM no processo de projeção.

Em janeiro de 2018, momento em que o questionário foi reenviado aos profissionais, o CAU-RN contava 2366 arquitetos registrados em todo o estado. A pesquisa foi reenviada via e-mail pelo Conselho, solicitando a participação de todos os profissionais. O formulário on-line esteve disponível durante 08 meses. Foi recebido um total de 196 respostas, ou seja, aproximadamente 8,28%¹⁶ do total de profissionais registrados no conselho local responderam à pesquisa.

Primeiramente foi perguntado se o profissional atua no desenvolvimento de projeto arquitetônico. 17 profissionais participantes (8,6%) responderam não atuar no desenvolvimento de projeto de arquitetura, finalizando a sua participação na pergunta inicial, conforme roteiro das questões. Os demais 179 profissionais responderam afirmativamente e, assim, são apresentados aqui apenas as respostas dos arquitetos que atuam no desenvolvimento de projeto arquitetônico, que é o foco da pesquisa.

A segunda pergunta indagou sobre a utilização de algum software de modelagem de informação da construção (BIM) no processo de projeto. Daquele conjunto, 59 arquitetos (32,96%) responderam sim (Gráfico 1).

Gráfico 1: Utilização de software BIM no processo de projeto arquitetônico



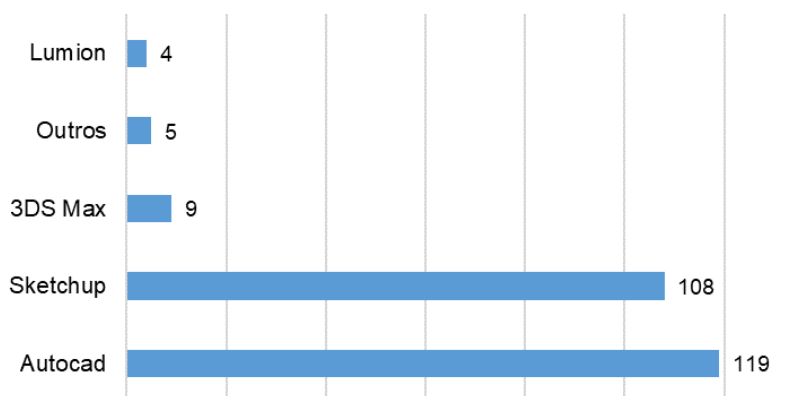
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

¹⁶ Considera-se que um dos motivos para o reduzido percentual de participação na pesquisa on-line (8,28%) se deve ao baixo uso do BIM nos escritórios do RN.

A partir da terceira pergunta, a pesquisa foi dividida em dois caminhos, separando-se as respostas dos que utilizam (59 participantes) e dos que não utilizam (120 participantes) softwares BIM ao elaborar o projeto de arquitetura. Cabe mencionar que a maior parte das questões eram abertas à múltipla escolha, permitindo ao participante, inclusive, acrescentar respostas.

Os participantes que declararam não utilizar BIM no processo de projeto arquitetônico, quando perguntados quais os softwares mais utilizados (Gráfico 2), citaram o Autocad (119 ocorrências) e o Sketchup (108 ocorrências). Foram ainda mencionados o 3DS Max (9 menções) e o Lumion (4 menções).

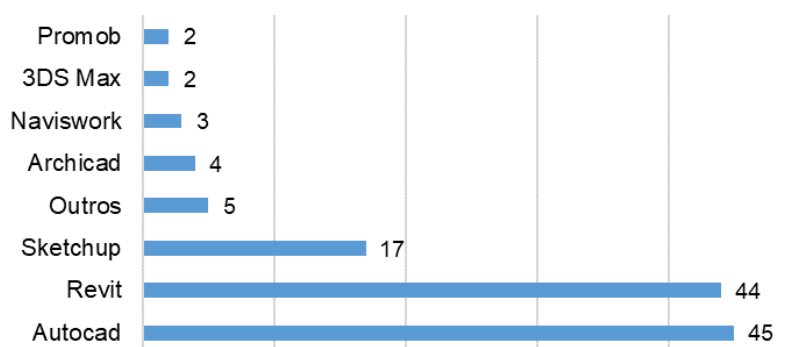
Gráfico 2: Software(s) utilizados pelos participantes que não utilizam BIM no processo de projeto arquitetônico



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Entre os participantes que utilizam algum tipo de software BIM no processo de projeto arquitetônico, o Autocad permanece como o mais citado (45), seguido pelo Revit, mencionado 44 vezes e o Sketchup (17 repetições), conforme Gráfico 3.

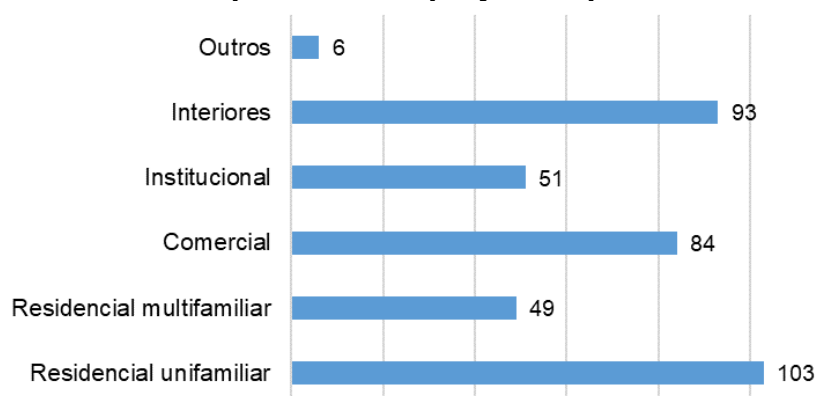
Gráfico 3: Software(s) utilizados pelos participantes que utilizam BIM no processo de projeto arquitetônico



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Perguntados sobre que tipo de projeto arquitetônico desenvolvem, os usuários que não utilizam BIM citaram, conforme o Gráfico 4, o Residencial Unifamiliar 103 vezes, seguido pelo projeto de Interiores (93 citações); o Comercial foi mencionado 84 vezes, o Institucional, 51, e o Residencial Multifamiliar, 49. Outros usos somaram 6 citações.

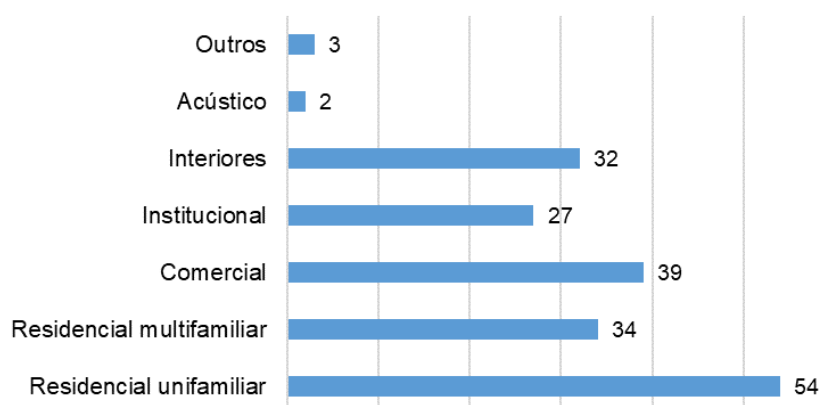
Gráfico 4: Tipo de projeto arquitetônico desenvolvido pelos que não utilizam BIM no processo de projeto arquitetônico



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Já os usuários que utilizam BIM, quando perguntados sobre que tipo de projeto arquitetônico desenvolvem, mencionaram o Residencial Unifamiliar 54 vezes, seguido pelo projeto Comercial (39 menções), Residencial Multifamiliar (34 menções), projeto de Interiores (32 menções), Institucional (27 menções) e Acústico (2 menções). Outros usos somam 3 citações, como pode ser visto no Gráfico 5.

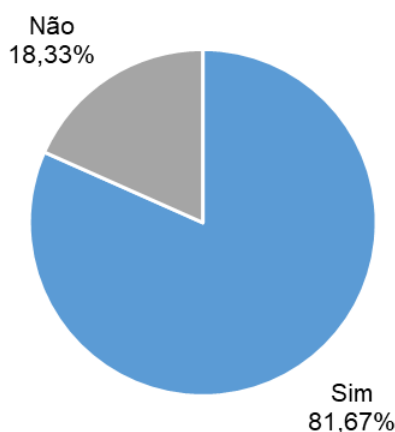
Gráfico 5: Tipo de projeto arquitetônico desenvolvido pelos que utilizam BIM no processo de projeto arquitetônico



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

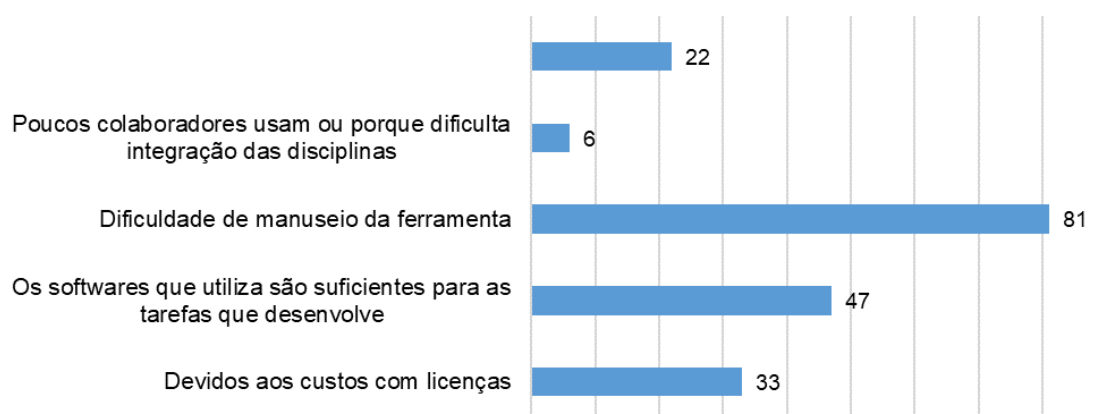
Aos usuários que não utilizam BIM foi feita a seguinte pergunta: “Pretende utilizar algum software BIM no processo de projeto arquitetônico?”. Pelo Gráfico 6, a maioria (98 participantes - 81,67% do total) respondeu positivamente. Já quando questionado o porquê ainda não haviam adotado softwares BIM no processo de projeto arquitetônico, os arquitetos mencionaram motivos variados (Gráfico 7). O mais citado diz respeito à dificuldade de manuseio de ferramenta (81 menções); o segundo lugar corresponde à resposta de que os softwares utilizados são suficientes para as tarefas desenvolvidas (47 citações), seguido pela referência aos custos com as licenças (33 menções). Outros motivos somam 28 citações.

Gráfico 6: Intenção de adotar algum software BIM no processo de projeto arquitetônico pelos usuários que não utilizam



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

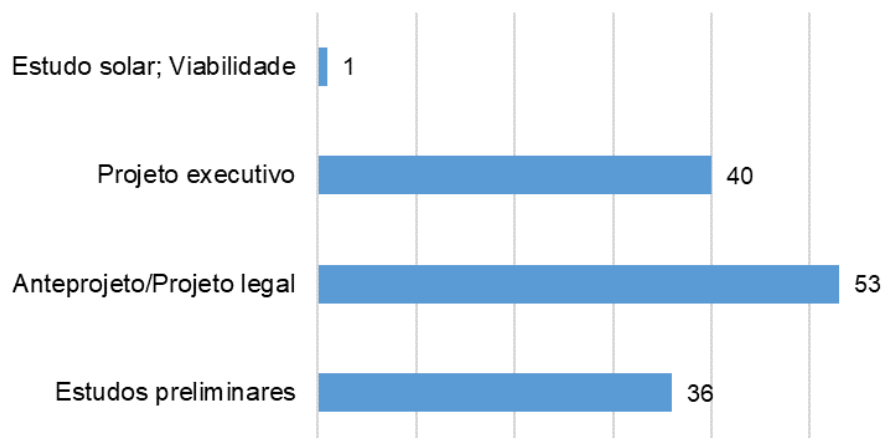
Gráfico 7: Motivos para ainda não utilizar softwares BIM no processo de projeto arquitetônico



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Foi perguntado aos usuários de BIM em qual(is) fase(s) do processo de projeto arquitetônico utiliza o BIM (Gráfico 8). A fase de Anteprojeto/Projeto Legal foi citada 53 vezes, seguida pela fase de Projeto Executivo (40 menções). Os Estudos preliminares foram citados 36 vezes e a etapa de Estudo solar/viabilidade foi mencionada por 1 participante.

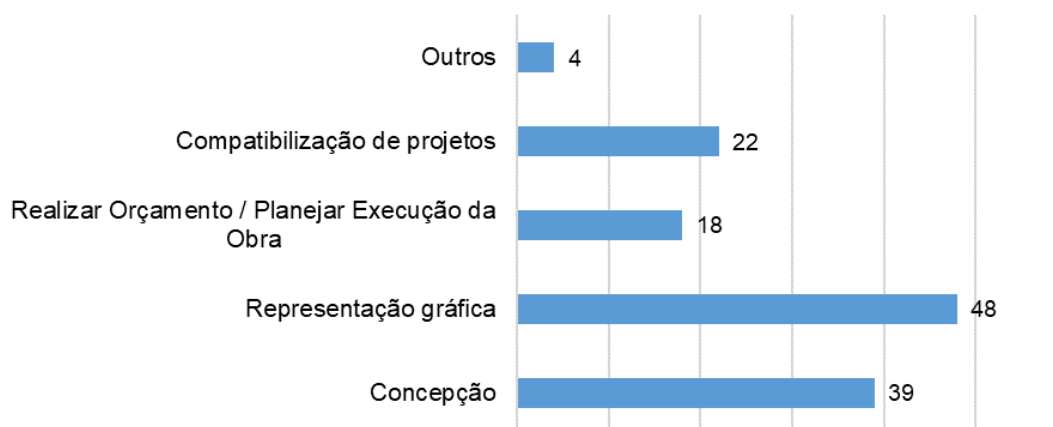
Gráfico 8: Fases do processo de projeto arquitetônico em que é utilizado o BIM



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Outra questão abordada na pesquisa foi quanto à finalidade do emprego da modelagem da informação pelos arquitetos. No Gráfico 9 percebe-se que a representação gráfica foi mencionada mais frequentemente (48 vezes), seguida pela Concepção (39 vezes). A Compatibilização de projetos teve 22 citações e o emprego para elaboração de Orçamento e Planejamento de execução de obra foi mencionada por 18 participantes. Outras finalidades diversas perfazem o total de 4.

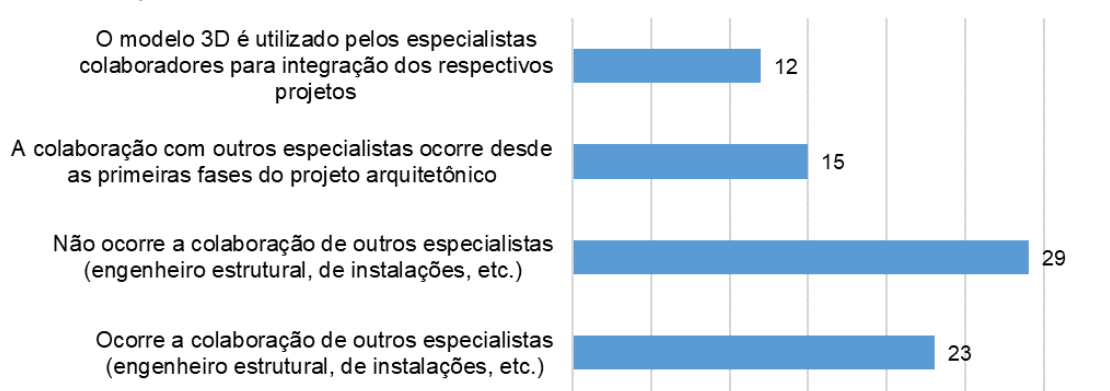
Gráfico 9: Finalidades do emprego do BIM



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Quanto à colaboração de outros especialistas (engenheiro estrutural, de instalações, etc.) durante o desenvolvimento do artefato arquitetônico com o BIM, percebe-se pelo Gráfico 10¹⁷ que a maioria dos participantes respondeu não haver colaboração com outros especialistas (29); 23 respondentes afirmaram ocorrer colaboração; 15 profissionais mencionaram haver colaboração desde as primeiras fases do projeto e 12 responderam que o 3D é utilizado pelos colaboradores para integração dos respectivos projetos.

Gráfico 10: Colaboração com outros especialistas (engenheiro estrutural, de instalações, etc.) durante o processo de projeto arquitetônico com BIM

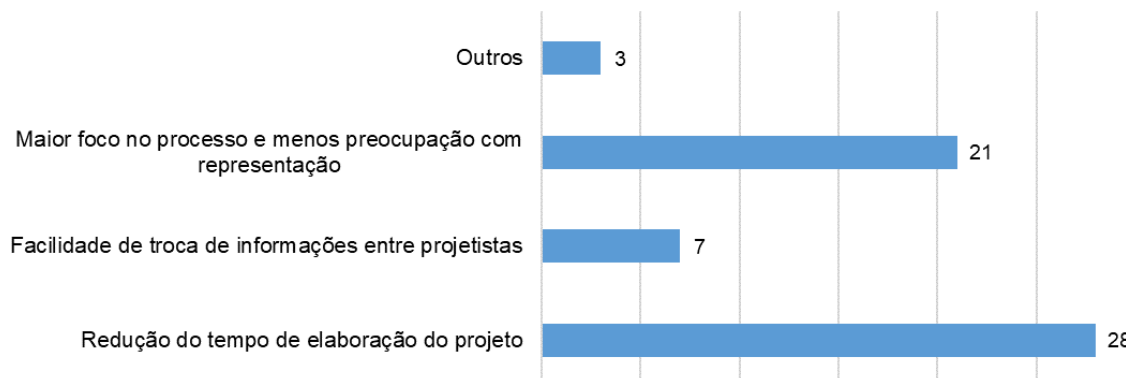


Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Aos participantes foi ainda indagado quanto ao principal benefício percebido ao utilizar o BIM no processo de projeto arquitetônico (Gráfico 11). A redução do tempo de elaboração do projeto foi citada 28 vezes, seguida pela menção à resposta correspondente ao maior no processo e menos preocupação com representação (21 vezes). A facilidade de troca de informações entre projetistas foi citada 7 vezes e outros motivos somaram 3 menções.

¹⁷ Ao responder a pergunta que gerou o Gráfico 10 da consulta on-line, os profissionais tinham a possibilidade de marcar mais de um item, caso afirmassem que “ocorre a colaboração de outros especialistas”.

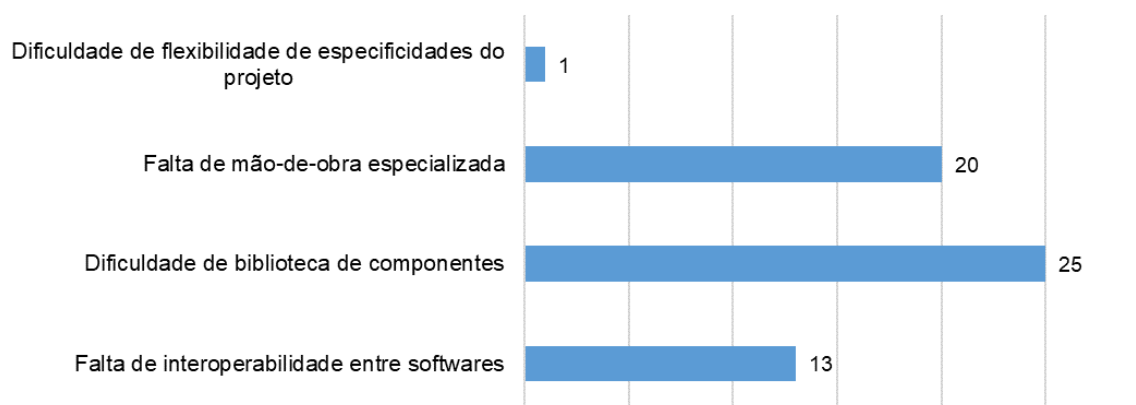
Gráfico 11: Principais benefícios percebidos ao utilizar o BIM no processo de projeto arquitetônico



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Por fim, a última questão direcionada aos arquitetos usuários de BIM, consistiu na indagação sobre qual seria o principal ponto negativo identificado ao utilizar o BIM. Observando o Gráfico 12, temos que a dificuldade de biblioteca de componentes foi a resposta mais apontada (25 citações). A falta de mão-de-obra especializada teve 20 menções e a falta de interoperabilidade entre softwares, 13. A dificuldade de flexibilidade de especificidade do projeto foi citada por um participante.

Gráfico 12: Principais pontos negativos identificados ao utilizar o BIM



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

4.3 O USO DO BIM EM NATAL-RN

Neste item são analisados 6 (seis) estudos de caso, ou seja, seis processos de projeto que retratam aspectos da colaboração entre empresas/profissionais de arquitetura e engenharia com uso do BIM em Natal-RN. Um dos processos analisados (estudo de caso 5 – EC 5) foi desenvolvido apenas por um escritório de arquitetura

que elabora os projetos arquitetônico e de instalações e faz a integração das disciplinas.

Conforme descrito no Capítulo 2 (Métodos, Técnicas e Instrumentos Metodológicos), os dados foram coletados por meio de entrevistas presenciais semiestruturadas e com base nas descrições relatadas pelos profissionais sobre projetos realizados ou em desenvolvimento, a partir de visitas às empresas e ambientes de trabalho dos projetistas.

Antes da realização dos estudos de caso, e visando identificar trabalhos sobre o uso do BIM no meio profissional de Natal-RN, foi realizada pesquisa on-line no BDTD, usando simultaneamente as expressões “BIM” e “Natal”. Também foram realizadas consultas em grupos de estudos sobre BIM em Natal-RN (no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN e na Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN), porém não foi encontrado nenhum trabalho que caracterizasse o cenário da cidade quanto à aplicação da tecnologia.

Buscando preencher esta lacuna, os dados coletados na pesquisa on-line aplicada com os arquitetos registrados no CAU-RN e expostos no Capítulo 3, retratam o cenário de uso do BIM no Rio Grande do Norte e particularmente em Natal-RN, já que a maior parte dos usuários identificados a partir da pesquisa survey encontram-se nesta cidade.

No Quadro 14 é descrito um sucinto perfil dos escritórios/profissionais de Natal-RN cujos processos foram mapeados. Dentre os participantes, uma das empresas é de grande porte, enquanto a maioria é de pequeno e médio porte, entre essas verificou-se que a primeira implantação do BIM ocorreu em 2010.

Quadro 14: Perfil dos profissionais participantes dos estudos de caso em Natal-RN

Escritórios/ Empresas/ Profissionais	Área de atuação	Clientes	Natureza dos projetos	Ano de implantação do BIM
G	Arquitetura e Construção	Pessoa jurídica e física	Residencial uni e multifamiliar (condomínios verticais e horizontais)	2015
H	Engenharia	Pessoa jurídica e física	Residenciais uni e multifamiliares, comercial (instalações e estruturas)	2017
I	Arquitetura	Pessoa jurídica	Residenciais e comerciais, instalações de combate a incêndio	2014
J	Arquitetura, Engenharia e Construção	Pessoa jurídica	Residencial, comercial e institucional (fábricas, indústrias, shoppings, etc.)	2015
K	Arquitetura e Engenharia	Pessoa jurídica	Infraestrutura, institucional (aeroportos, pontes, estradas, etc.)	2016
L	Engenharia	Pessoa jurídica	Residencial, comercial, institucional (supermercados, centro de convenções, etc.)	2017
M	Arquitetura	Pessoa jurídica e física	Residencial, comercial, ambientação, instalações	2011
N ¹⁸	Engenharia	-	-	-
O	Arquitetura	Pessoa física	Residencial, comercial, ambientação, instalações	2010
P	Arquitetura	Pessoa física	Residencial, comercial, ambientação	Não usa

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

O Quadro 15 apresenta uma lista dos estudos de caso realizados em Natal-RN, as empresas que participaram dos processos colaborativos e as disciplinas cuja integração foi analisada.

¹⁸A empresa de engenharia N não foi entrevistada. O processo de projeto de que participou foi mapeado a partir das informações coletadas com os respectivos escritórios de arquitetura com quem colaborou.

Quadro 15: Estudos de Caso mapeados em Natal-RN

Legenda	Escritórios/Empresas/Profissionais	Disciplinas Analisadas
EC 1	G + H	Arquitetura, Estruturas, Instalações (Elétricas, Hidrossanitárias)
EC 2	I + J	Arquitetura, Estruturas, Instalações (Elétricas, Hidrossanitárias)
EC 3	K + L	Arquitetura, Estruturas
EC 4	M + N ¹⁹	Arquitetura, Estruturas
EC 5	O (arquiteto 1 + arquiteto 2)	Arquitetura, Instalações Hidrossanitárias
EC 6	P + H	Arquitetura, Estruturas, Instalações (Elétricas, Hidrossanitárias, HVAC).

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

4.3.1 Estudo de Caso 1 – EC 1

O primeiro estudo de caso (escritórios G e H) trata-se do processo de projeto entre uma empresa de arquitetura e construção e um escritório de engenharia. O processo de projeto de arquitetura foi desenvolvido por dois arquitetos e tem início com um estudo volumétrico à mão, seguido das etapas de desenvolvimento da planta baixa, desenvolvimento do modelo construtivo de arquitetura e do detalhamento. Na fase de elaboração do 3D de arquitetura é feito o pré-lançamento da estrutura e instalações visando facilitar a integração das disciplinas.

Após o detalhamento da arquitetura, o projeto em BIM é compartilhado por e-mail com os engenheiros, que elaboram os modelos de estrutura e hidrossanitário e em seguida fazem a detecção de interferência das disciplinas. A partir de reunião entre cliente, arquiteto e engenheiros são definidas soluções integradas visando resolver os problemas de incompatibilidade, que posteriormente são incorporadas aos projetos.

Nesse caso não foram previamente definidos processos de colaboração entre os escritórios, e as etapas são predominantemente sequenciais. Após definição da arquitetura é que os profissionais de engenharia definem seus projetos. Segundo o

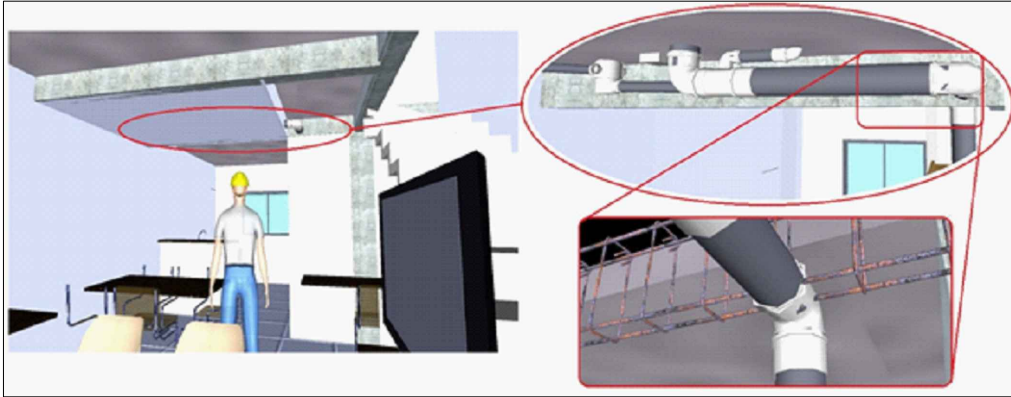
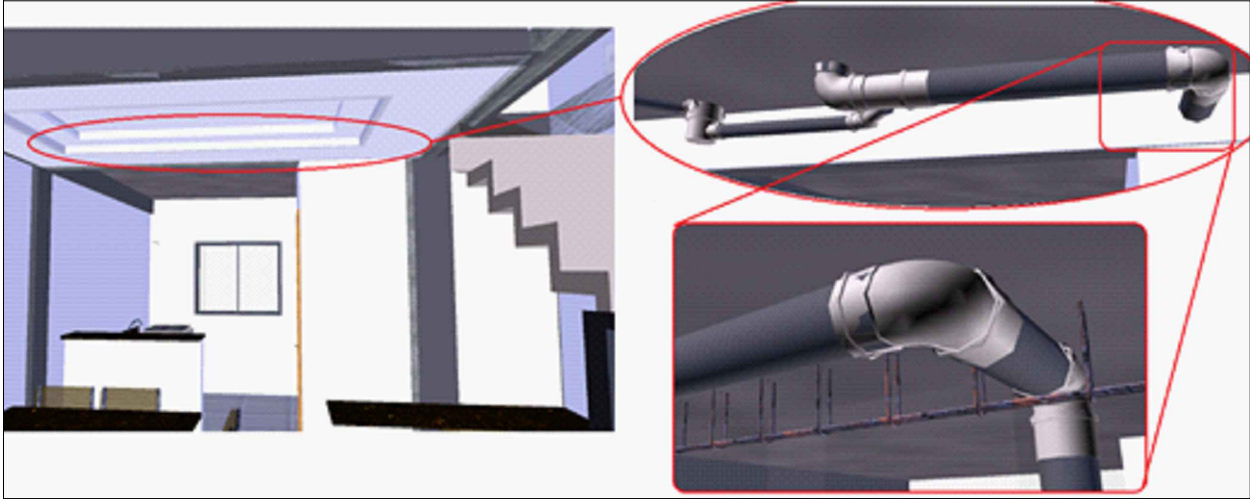
¹⁹ A empresa de engenharia N não foi entrevistada. O processo de projeto de que participaram foi mapeado a partir das informações coletadas com os respectivos escritórios de arquitetura com quem colaboraram.

arquiteto, ao realizar o pré-lançamento da estrutura e instalações há pouca possibilidade de incompatibilidade entre as disciplinas.

Não foram verificados uso de recursos colaborativos como worksets, uso de ferramentas de revisão on-line, nem comunicação entre os profissionais por meio das ferramentas de colaboração disponíveis nos softwares. A comunicação entre os agentes, foi por meio de telefone, WhatsApp, e-mail e presencial. E a coordenação visando à reunião dos profissionais e clientes, bem como a integração das disciplinas, foi realizada pelo escritório de engenharia que tem maior domínio do software utilizado para verificar problemas de interferência.

No projeto analisado (Figura 39), os engenheiros verificaram por meio do Navisworks uma interferência entre as instalações hidrossanitárias, o forro de gesso e uma viga de uma unidade residencial duplex de padrão popular. A imagem da interferência foi apresentada aos projetistas e cliente que definiram a solução para integrar as disciplinas. No projeto analisado houveram poucos problemas de incompatibilidade.

Figura 39: Estudo de Caso 1

UNIDADES DE ANÁLISE	<div>Legenda:<div><div>Escritório G (processo arquitetura)</div><div>Escritório H (processo engenharia)</div><div>Escritórios G e H (processo colaboração)</div><div>Entrega</div></div><div>Momento onde inicia definição de soluções integradas pelos colaboradores Momento onde iniciam atividades que visam à integração de disciplinas Momento de integração das disciplinas</div></div>
Fases do Processo (Fluxograma)	<div><div><div>Estudo Volumétrico (croqui)</div><div>Desenvolve planta baixa</div><div>Desenvolve Modelo 3D arquitetura Pré-lança: estrutura, instalações</div><div>Detalhamento</div></div><div><div>Elaboração modelos 3D: Estrutura; Instalações</div><div>Detecção de interferências: Arquitetura, Estrutura, Instalações</div><div>Reunião: cliente, arquiteto, engenheiros. Definição de soluções integradas</div><div><div>Ajustes no 3D: arquitetura</div><div>Ajustes no 3D: Estrutura, Instalações</div></div><div><div>Entrega</div><div>Entrega</div></div></div></div>
Ferramentas (Softwares)	Arquitetura: estudo volumétrico - à mão; planta baixa: AutoCAD; Desenvolvimento, detalhamento e ajustes no modelo construtivo 3D: Revit. / Engenharia: elaboração e ajustes nos modelos 3D: Robot e Revit; Detecção de interferências: Navisworks.
Equipe	Arquitetura: 2 arquitetos. / Engenharia: 2 engenheiros. / Reunião: cliente, arquitetos e engenheiros
Formas de Comunicação	Comunicação entre arquitetos e engenheiros: WhatsApp e presencial.
Produto	Arquitetura: projeto em BIM. / Engenharia: projeto em BIM.
Worksets	Não utilizam
Forma de Compartilhamento dos Modelos	O escritório de arquitetura compartilha os arquivos com os colaboradores por e-mail. O escritório de engenharia compartilha os arquivos com a equipe interna e com os arquiteto pelo Google Drive.
Coordenação	A partir da etapa de compatibilização o escritório de engenharia faz a coordenação para integrar as disciplinas
Interoperabilidade	Não houve problema de interoperabilidade entre softwares, nem ocorreu perda de dados
Fatores que Limitam a Colaboração e Integração	Poucos arquitetos desenvolvem o modelo construtivo virtual 3D; os clientes não pagam a mais por receberem o projeto em BIM.
Projeto Analisado:	<div><div><div>Detecção de interferência entre viga e instalação hidrossanitária no Navisworks</div><div></div><div>Fonte: Diedro Engenharia Ltda, 2018</div></div><div><div>Solução para resolver interferência entre viga e instalação hidrossanitária</div><div></div><div>Fonte: Diedro Engenharia Ltda, 2018</div></div></div>

4.3.2 Estudo de Caso 2 – EC 2

Neste estudo de caso (empresas I e J), o processo de projeto arquitetônico tem início com o estudo volumétrico à mão que, em seguida, é desenvolvido no programa BIM (Revit). Desde os momentos iniciais da etapa de desenvolvimento da solução arquitetônica, ocorreu a colaboração com os engenheiros, que sugeriram ajustes na arquitetura para atender às questões de engenharia. Após a fase de desenvolvimento, o projeto arquitetônico foi disponibilizado no servidor local da empresa de engenharia, que em seguida elaborou, a partir de links entre arquivos, o pré-dimensionamento da estrutura, o projeto hidrossanitário e as instalações elétricas no Revit. O cálculo da estrutura foi feito no programa Eberick e, em seguida, o pré-dimensionamento estrutural foi atualizado no Revit.

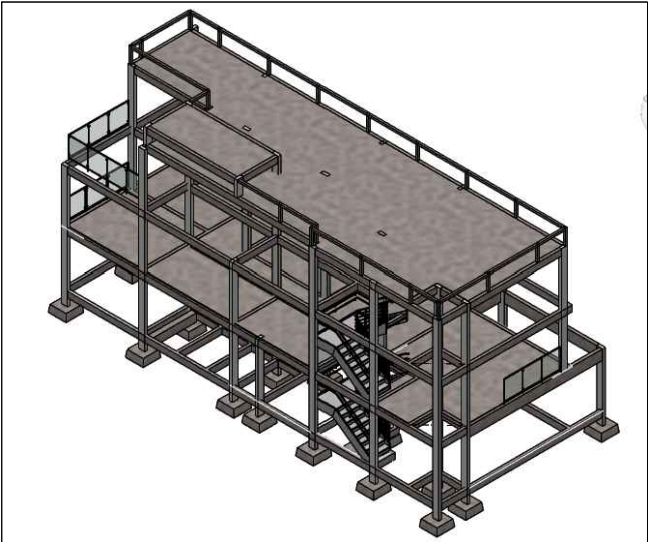
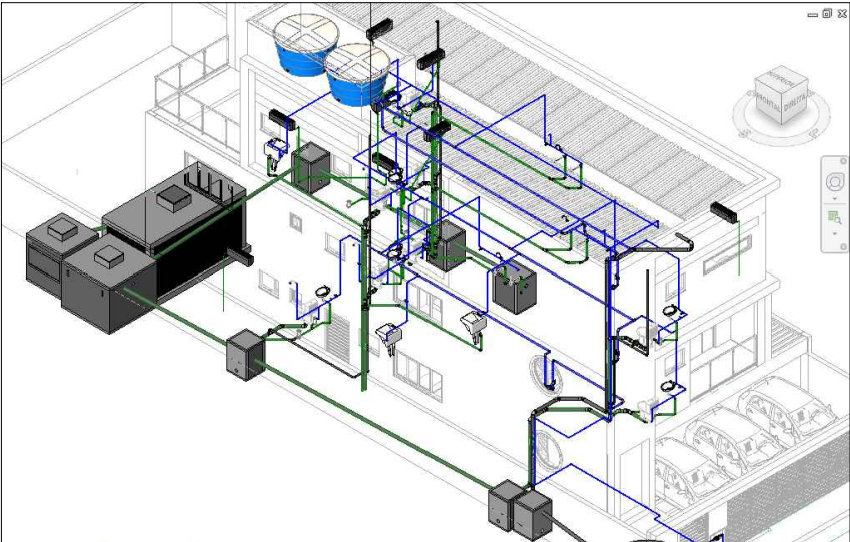
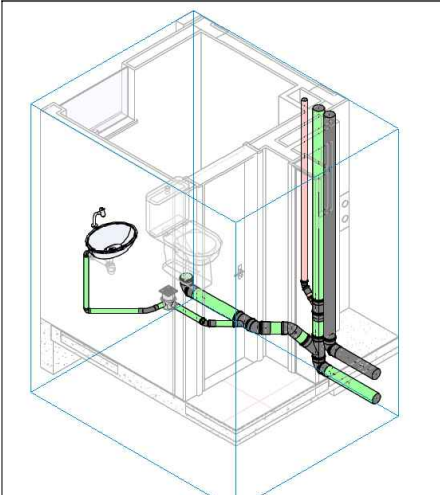
Com os projetos elaborados, foi realizada a detecção de interferências entre arquitetura, estrutura e instalações hidrossanitárias e elétricas pela empresa de engenharia. Na sequência, os profissionais se reuniram para resolver questões de incompatibilidade e ajustar as propostas. A detecção de interferências foi feita no Revit, visualmente, sem uso das ferramentas de revisão de projetos, como por exemplo o clash detection.

Neste estudo de caso há um predomínio das fases em sequência e, após a elaboração inicial dos projetos de engenharia, o processo tende a ser cíclico com ajustes tanto na arquitetura quanto nos projetos complementares. A coordenação do processo de colaboração foi realizada pelo escritório de engenharia e a comunicação entre os profissionais ocorreu por meio de telefone, celular, Whatsapp, e-mail, presencial. Porém, os profissionais afirmaram que não há processos definidos de colaboração da equipe.

Na visão dos entrevistados, dentre alguns fatores que limitam a colaboração, estão: resistência de alguns profissionais do mercado que não dedicam tempo para aprender a ferramenta; falta de interação entre os agentes; falta de conhecimento no uso da ferramenta por alguns colaboradores; e o fato de órgãos públicos de análise e aprovação ainda exigirem projetos em AutoCAD (formato dwg).

Dentre outros projetos descritos, um dos que foi desenvolvido em colaboração foi uma residência triplex (Figura 40), cujo projeto de arquitetura precisou de revisão após elaborado, em virtude da necessidade de inclusão de shaft nos banheiros, verificada a partir da integração com a disciplina de instalações hidrossanitárias.

Figura 40: Estudo de Caso 2

UNIDADES DE ANÁLISE	<div>Legenda:<div><div>Escritório I (processo arquitetura)</div><div>Escritório J (processo engenharia)</div><div>Escritórios I e J (processo colaboração)</div><div>Entrega</div></div><div>Momento onde inicia definição de soluções integradas pelos colaboradores</div><div>Momento onde iniciam atividades que visam à integração de disciplinas</div><div>Momento de integração das disciplinas</div></div>
Fases do Processo (Fluxograma)	<div><div><div>Estudo Volumétrico (croqui)</div><div>Desenvolvimento</div><div>Entrega: modelo 3D arquitetônico</div><div>Elaboração modelos 3D: Estruturas, Instalações</div><div>Detecção de interferências: Arquitetura, Estrutura, Instalações</div><div>Definição de soluções integradas</div><div>Ajustes no 3D arquitetura</div><div>Ajustes no 3D: Estrutura, Hidrossanitária</div><div>Entrega</div><div>Entrega</div></div><div><div>Reunião: arquiteto, engenheiros.</div><div>Antecipação de soluções de integração</div><div>Ajustes para atender às questões de engenharia</div><div>Reunião: arquitetos, engenheiros.</div></div><div><div>Pré-dimensão estrutura (Revit);</div><div>Cálculo estrutura (Eberick);</div><div>Elétrico e Hidrossanitário (Revit);</div><div>Modelos linkados ao de arquitetura em arquivos separados</div></div></div>
Ferramentas (Softwares)	Arquitetura: estudo volumétrico - à mão; Desenvolvimento e ajustes: Revit. / Engenharia: pré-dimensionamento estrutural, instalações e ajustes: Revit; Cálculo estrutural e ajustes: Eberick.
Equipe	Arquitetura: 1 arquiteto. / Engenharia: 2 engenheiros.
Formas de Comunicação	Comunicação entre arquiteto e engenheiros: telefone, celular, whatsapp, e-mail, presencial.
Produto	Arquitetura: projeto em BIM. / Engenharia: projeto em BIM.
Worksets	Não utilizam
Forma de Compartilhamento dos Modelos	O arquiteto disponibilizou o arquivo do projeto de arquitetura no servidor do escritório de engenharia. / O escritório de engenharia compartilha os projetos na nuvem (Dropbox).
Coordenação	A coordenação é exercida por engenheiro que faz a compatibilização. O escritório de arquitetura presta serviços à empresa.
Interoperabilidade	Já ocorreu falha no modelo durante a integração entre a arquitetura e disciplinas de engenharia. Mas não ocorreu perda de dados
Fatores que Limitam a Colaboração e Integração	Resistência de alguns profissionais que não dedicam tempo para aprender a ferramenta; falta de interação entre os profissionais; falta de conhecimento no uso da ferramenta por alguns colaboradores; Prefeitura e Estado ainda exigem projeto para aprovação em AutoCAD.
Projeto Analisado:	<div><div><div>Modelo 3D de estruturas (Residência triplex)</div><div></div><div>Fonte: IDEA Projetos de Engenharia Ltda, 2018.</div></div><div><div>Modelo de instalações hidrossanitárias elaborado a partir de link com o modelo arquitetônico (Residência triplex)</div><div></div><div>Fonte: IDEA Projetos de Engenharia Ltda, 2018.</div></div><div><div>Verificação da necessidade de shafts durante compatibilização (Residência triplex) Banheiro</div><div></div><div>Fonte: IDEA Projetos de Engenharia Ltda, 2018.</div></div></div>

4.3.3 Estudo de Caso 3 – EC 3

O terceiro exemplo de processo colaborativo com uso do BIM identificado em Natal/RN foi desenvolvido por uma empresa de projetos de arquitetura e engenharia (K) e um escritório de engenharia (L). Inicialmente a empresa (K) fez a modelagem 3D do projeto arquitetônico básico que recebeu em AutoCAD – extensão dwg – de uma empresa que não participou da pesquisa.

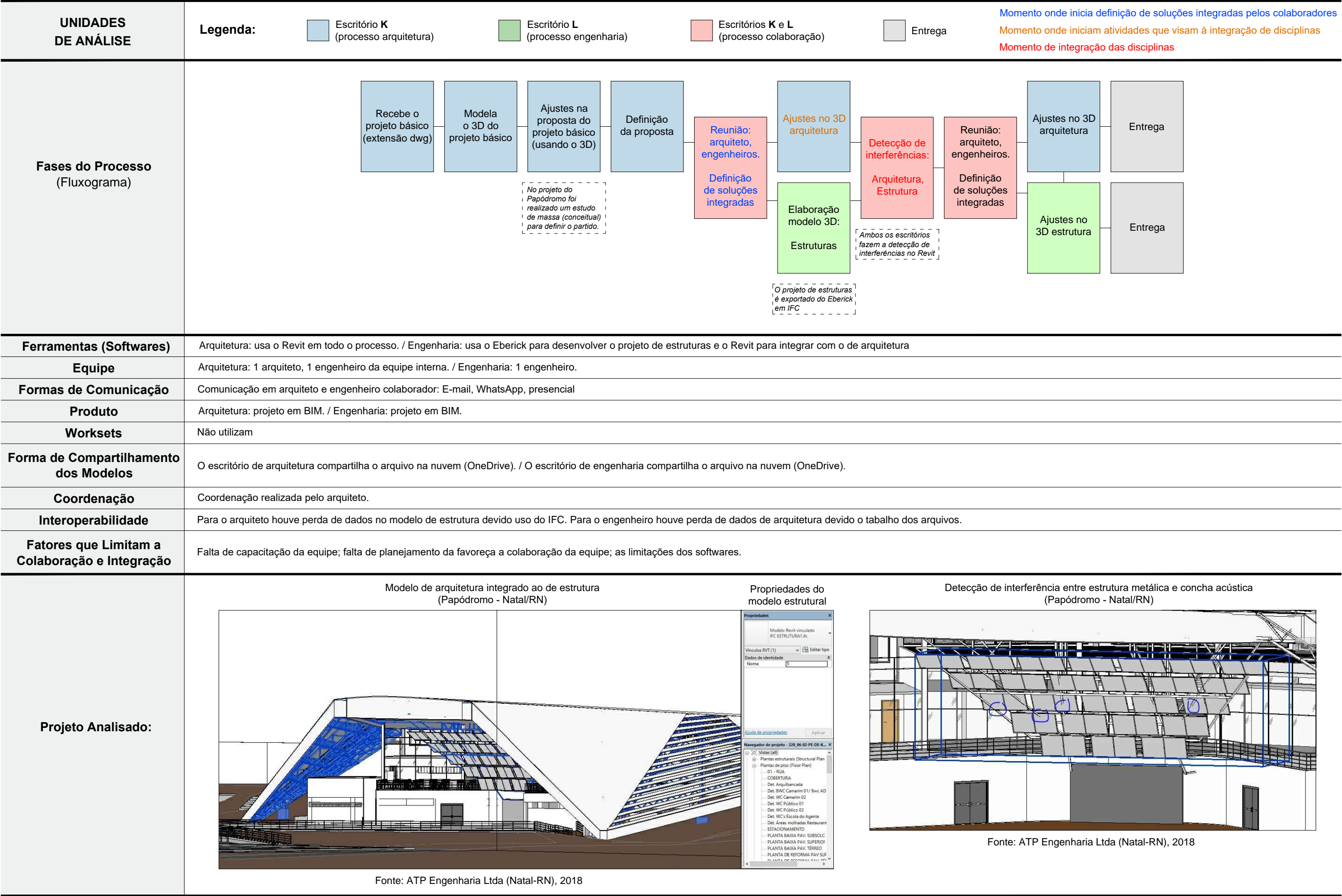
Após modelar o projeto arquitetônico básico no Revit, a empresa (K) fez estudos de massa e ajustes no projeto básico, chegando à definição de uma proposta. A partir desse momento, houve uma reunião entre arquiteto e engenheiro das empresas (K) e (L), para avaliar a arquitetura e adequá-la ao lançamento da estrutura. Enquanto a arquitetura foi ajustada pelo arquiteto, o engenheiro modelou, calculou e exportou em IFC a estrutura usando o Eberick; no Revit, fez a integração das duas disciplinas e compartilhou com o arquiteto.

A partir desse momento, os dois especialistas passaram a ajustar seus projetos considerando as interferências, e a partilhar os arquivos visando à atualização da integração. Com a verificação de interferências foram definidas reuniões na busca de soluções integradas e realizadas novas modificações nos projetos, tornando o processo cíclico.

Durante a troca de arquivos, foram usados o e-mail e o compartilhamento na nuvem (OneDrive) e, além do uso do e-mail, a comunicação ocorreu também por WhatsApp e presencial. Nesse processo colaborativo, a coordenação ficou a cargo do arquiteto, responsável por manter um arquivo principal com todas as disciplinas integradas, inclusive a disciplina de acústica (realizada por outro especialista, não fazendo parte do escopo dessa pesquisa).

O projeto descrito pelos profissionais que representa o processo colaborativo apresentado anteriormente é o projeto do Papódromo em Natal-RN, que passará por reforma e ampliação, tendo como espaço principal, um ambiente para apresentações com palco, concha acústica e local para plateia. Na Figura 41 pode-se observar, dentre outras relatadas, interferências entre elementos da concha acústica e da estrutura metálica, identificadas pelo arquiteto ao integrar as disciplinas.

Figura 41: Estudo de Caso 3



4.3.4 Estudo de Caso 4 – EC 4

Nesse estudo de caso o processo de projeto ocorre entre os profissionais (M) de arquitetura e (N) de engenharia. O arquiteto inicia o projeto utilizando o Revit para desenvolver a planta baixa, que ao ser finalizada é apresentada ao cliente. Após apresentada, a planta baixa passa por ajustes, se necessários, e, em seguida, o profissional elabora o modelo 3D arquitetônico. Ao definir a arquitetura, o arquiteto reúne-se com o engenheiro calculista para chegarem à solução estrutural considerando a integração entre as duas disciplinas.

Após reunião entre os dois profissionais, baseado na consultoria do engenheiro, o arquiteto faz, em outro arquivo do Revit, o lançamento da estrutura, a partir de um link com o arquivo do 3D arquitetônico. E, ao mesmo tempo em que lança a estrutura, faz visualmente a detecção de interferências e os ajustes nas disciplinas.

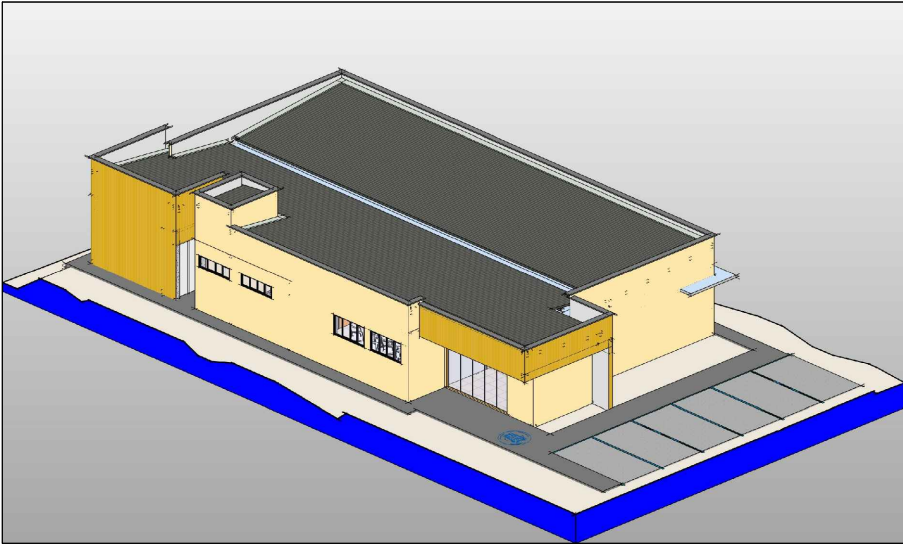
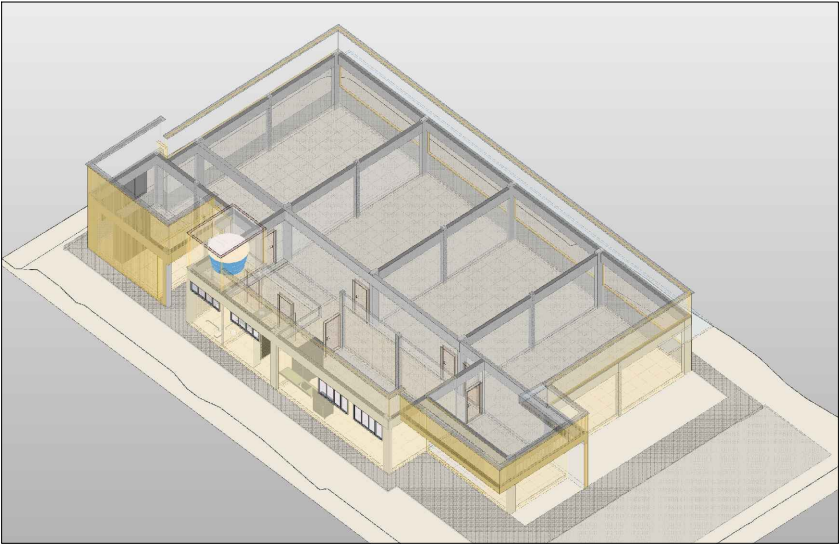
Em seguida, os profissionais se reúnem novamente para o engenheiro avaliar/aprovar o lançamento da estrutura realizado pelo arquiteto, confirmando as seções de vigas e pilares. Em seguida, enquanto o especialista de arquitetura fará o projeto arquitetônico executivo, o de engenharia detalha o projeto estrutural, no software TQS.

Durante o processo não foram utilizados os recursos de colaboração disponibilizados pelas ferramentas BIM para realizar a comunicação e revisão de projetos, nem foram usadas aplicações como worksets para desenvolver as propostas simultaneamente entre profissionais da mesma disciplina, ou ferramentas específicas para compatibilização. O contato entre os projetistas ocorreu por telefone e de forma presencial, e a coordenação/integração das disciplinas foi realizada pelo arquiteto.

A falta de conhecimento das ferramentas e a falta de interesse dos profissionais em mudar de plataforma de trabalho foram citados como fatores que limitam a colaboração e a integração de disciplinas.

O projeto apresentado na Figura 42 reflete o processo de projeto descrito anteriormente. Nela podem ser observados os modelos arquitetônico e estrutural criados no Revit, a partir de link entre os arquivos dessas disciplinas. Visando favorecer à integração, maiores vãos às janelas e redução dos custos com vergas, foram projetadas vigas na altura das esquadrias.

Figura 42: Estudo de Caso 4

UNIDADES DE ANÁLISE	<div>Legenda:<div><div>Escritório M (processo arquitetura)</div><div>Escritório N (processo engenharia)</div><div>Escritórios M e N (processo colaboração)</div><div>Entrega</div></div><div>Momento onde inicia definição de soluções integradas pelos colaboradores</div><div>Momento onde iniciam atividades que visam à integração de disciplinas</div><div>Momento de integração das disciplinas</div></div>
Fases do Processo (Fluxograma)	<div><div>Elaboração da planta baixa</div><div>Apresentação ao cliente</div><div>Ajustes planta baixa; Definição 3D arquitetônico</div><div>Reunião: arquiteto, engenheiro. Definição da estrutura</div><div>Lançamento Estrutura Detecção de interferências</div><div>Reunião: arquiteto, engenheiro. Confirmação lançamento estrutura</div><div>Projeto Executivo</div><div>Entrega</div><div>Detalhamento estrutura</div><div>Entrega</div></div> <div><div>- Modelado pelo arquiteto a partir de orientações do engenheiro;</div><div>- Estrutura linkada à arquitetura em arquivos separados;</div><div>- Arquiteto detecta interferências.</div></div> <div><div>Ambos os escritórios fazem a detecção de interferências no Revit</div></div> <div><div>Definição da ferragem pelo engenheiro.</div><div>Calcula no TQS e detalha no AutoCAD.</div></div>
Ferramentas (Softwares)	Arquitetura: usa o Revit em todo o processo. / Engenharia: pré-dimensiona e modela a estrutura, detecta interferências e faz ajustes no Revit; calcula a estrutura no TQS; detalha a estrutura no AutoCAD.
Equipe	Arquitetura: 1 arquiteto. / Engenharia: 1 engenheiro.
Formas de Comunicação	Comunicação em arquiteto e engenheiro colaborador: por telefone e presencial
Produto	Arquitetura: projeto em BIM. / Engenharia: projeto em AutoCad.
Worksets	Não utilizam
Forma de Compartilhamento dos Modelos	Não houve compartilhamento do modelo 3D entre os escritórios.
Coordenação	O arquiteto e o engenheiro coordenaram a integração dos projetos.
Interoperabilidade	Não houve problema de interoperabilidade. A integração das disciplinas foi feita em software de mesmo fabricante
Fatores que Limitam a Colaboração e Integração	Falta de conhecimento dos profissionais; Falta de interesse dos profissinais para mudar de plataforma de trabalho; falta de conhecimento no uso da ferramenta por alguns colaboradores.
Projeto Analisado:	<div><div>Modelo de arquitetura (Centro administrativo de um complexo fotovoltaico)</div><div></div><div>Fonte: Adriano Pierre (Arquiteto), 2018</div></div> <div><div>Modelo de estruturas elaborado a partir de link com o modelo arquitetônico (Centro administrativo de um complexo fotovoltaico)</div><div></div><div>Fonte: Adriano Pierre (Arquiteto), 2018</div></div>

4.3.5 Estudo de Caso 5 – EC 5

Este estudo de caso é um exemplo de colaboração entre profissionais da equipe interna do escritório (O) durante a elaboração de projetos de arquitetura e instalações hidrossanitárias, quando uma das arquitetas (1) desenvolve a proposta de arquitetura e a outra arquiteta (2), que também é tecnóloga, faz o projeto de instalações hidrossanitárias.

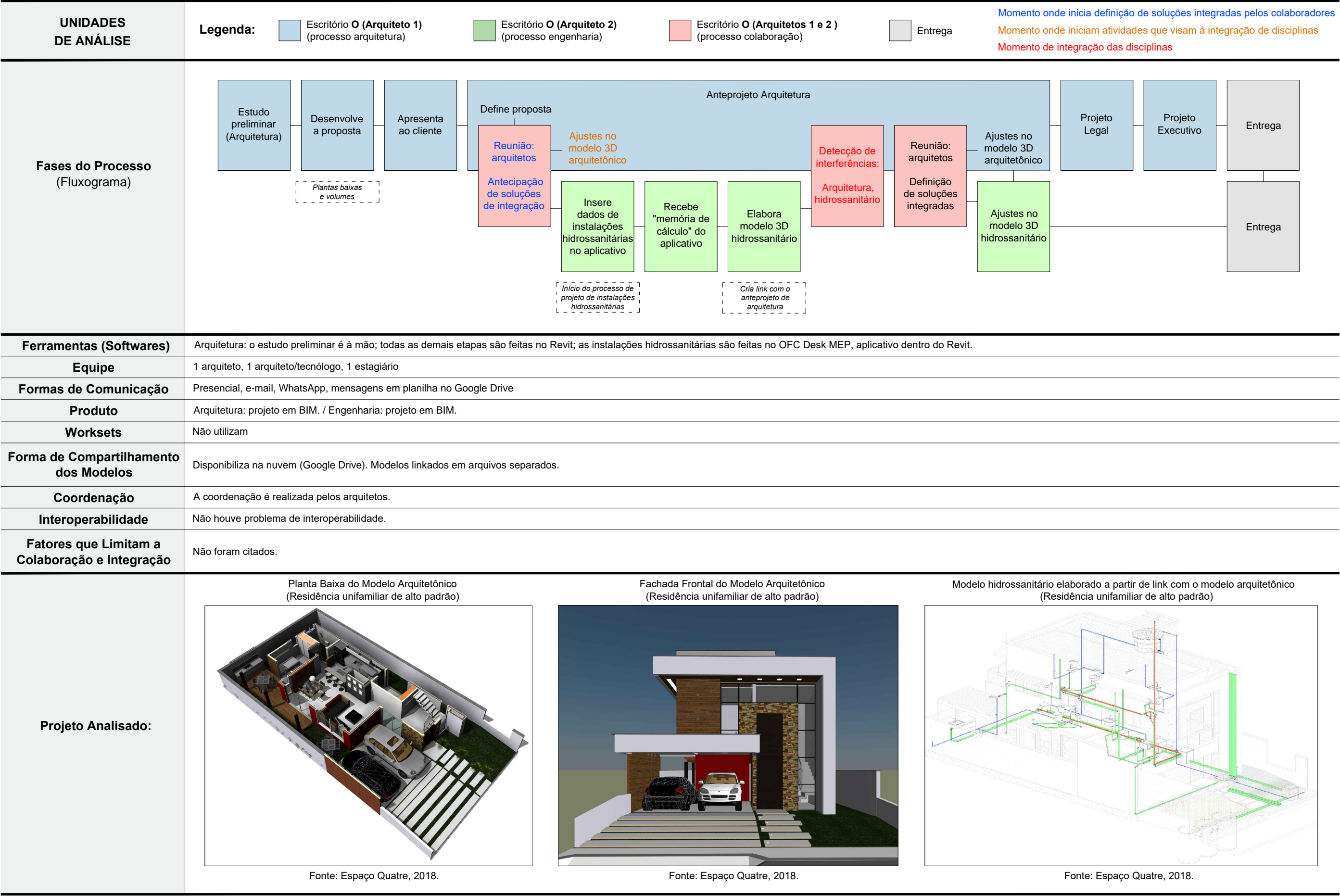
Neste caso, a arquiteta (1) inicia o processo de projeto arquitetônico com o estudo preliminar à mão e em seguida desenvolve a proposta no Revit para apresentar ao cliente. Após apresentação, tem início a fase de anteprojeto arquitetônico e, nesse momento, detalhes como volume de caixa d'água e outros elementos que tem relação com as instalações hidrossanitárias precisam ser definidos. Assim, ocorre uma reunião entre as arquitetas para esclarecimento de dúvidas e definição das soluções integradas entre as disciplinas.

A arquiteta (2) insere os dados de instalações hidrossanitárias no aplicativo OFC Desk MEP (dentro do Revit), que gera o memorial de cálculo necessário para a correta modelagem 3D desta disciplina. Quando o hidrossanitário é modelado a partir de link com o arquivo de arquitetura (Figura 43), realiza-se a análise de interferências das disciplinas e, em seguida – ainda na fase de anteprojeto arquitetônico – são definidas soluções integradas, que implicam em ajustes nos projetos.

Assim, é na fase de anteprojeto arquitetônico que ocorrem as principais atividades de colaboração, quando a proposta de instalações é desenvolvida simultaneamente, finalizando com os ajustes, enquanto o projeto de arquitetura segue com as fases de projeto legal e executivo. Durante o processo colaborativo, a comunicação entre os colaboradores ocorre principalmente de forma presencial, por e-mail, WhatsApp e mensagens em planilha do Excel.

Neste processo o escritório usa ferramentas de mesmo fabricante, assim não foram citados problemas de interoperabilidade, e os arquivos são compartilhados na nuvem (Google Drive). Segundo uma das entrevistadas, o escritório não tem processos de colaboração definidos.

Figura 43: Estudo de Caso 5



4.3.6 Estudo de Caso 6 – EC 6

Realizado entre os escritórios de arquitetura (P) e engenharia (H), o sexto e último processo de projeto colaborativo analisado em Natal-RN, começa com o desenvolvimento do projeto de arquitetura, com o estudo preliminar, a partir de estudos de massa e zoneamento. Após a realização de vários estudos, o projeto segue para a fase de anteprojeto, quando tem início a atuação dos engenheiros, que a partir dos arquivos de arquitetura (em AutoCAD – dwg), modelam o 3D arquitetônico no Revit para projetarem a estrutura no Robot e as instalações também no Revit.

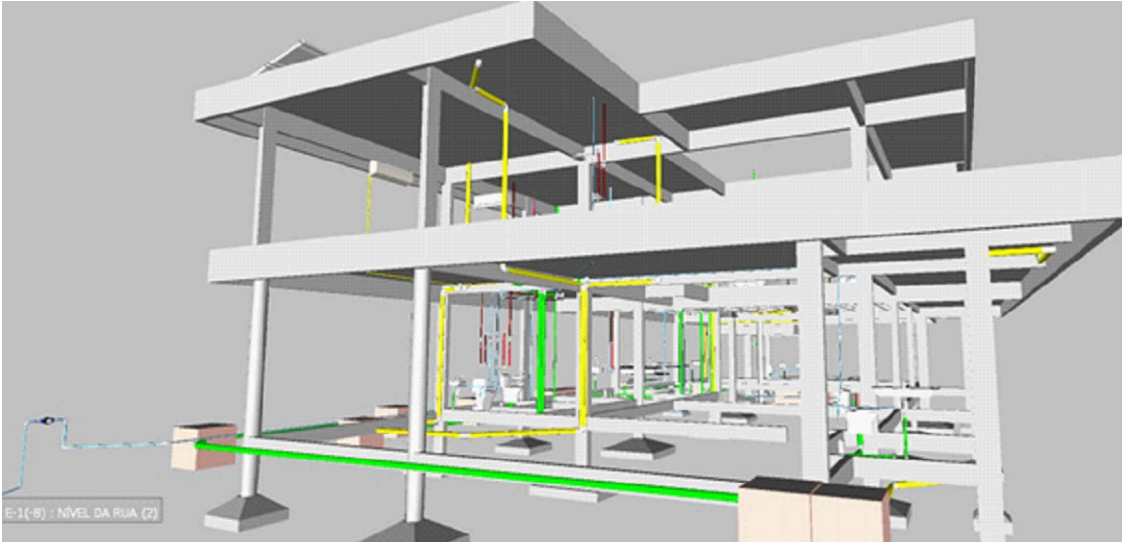
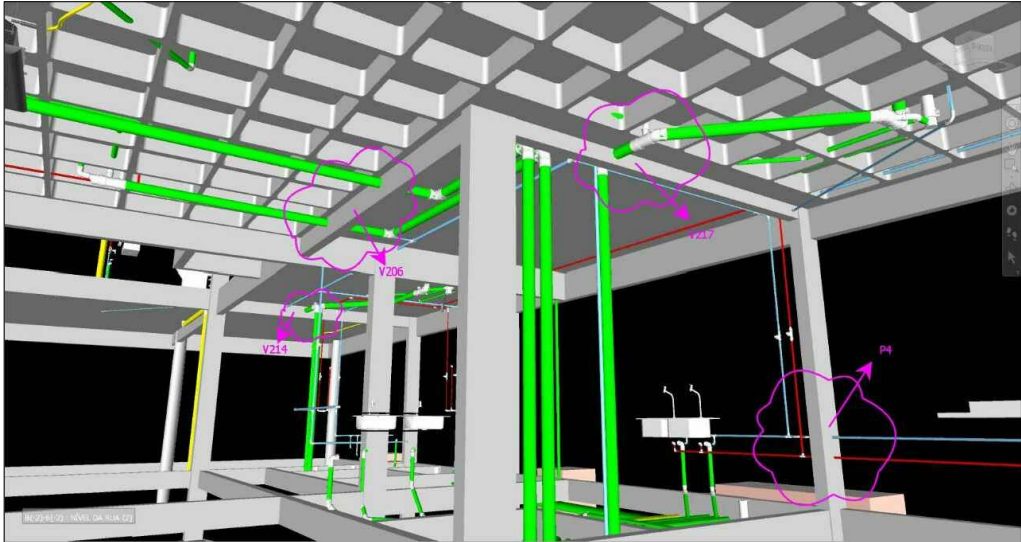
Quando os modelos BIM das disciplinas estão elaborados, o escritório de engenharia realiza no Navisworks a detecção de interferências, que serão avaliadas com o escritório de arquitetura em reunião presencial. A partir das soluções adotadas, são realizados ajustes no projeto de engenharia, bem como no de arquitetura, que segue para a fase de projeto executivo.

Na etapa de compatibilização, o escritório de arquitetura faz a coordenação para que a integração das disciplinas seja direcionada de acordo com a partido arquitetônico. A comunicação com os colaboradores ocorreu por meio de e-mail, WhatsApp e presencial. E para a elaboração do projeto arquitetônico, as principais ferramentas utilizadas para a definição da proposta foram AutoCAD e Sketchup. Não foram utilizadas ferramentas BIM pelo escritório de arquitetura.

O escritório de arquitetura compartilha os arquivos do projeto com os colaboradores por e-mail. Por sua vez, o escritório de engenharia compartilha imagens das interferências entre as disciplinas. Sobre o processo não foram citados problemas de interoperabilidade entre softwares, nem ocorrência de perda de dados. Em relação a fatores que limitam a colaboração, foi citado por um dos escritórios, a falta de interesse do contratante na colaboração visando à integração das disciplinas.

O projeto apresentado na Figura 44 mostra a compatibilização das disciplinas e a detecção de interferências, gerando a necessidade de ajustes na arquitetura, estrutura e instalações.

Figura 44: Estudo de Caso 6

UNIDADES DE ANÁLISE	<div>Legenda:<div><div>Escritório P (processo arquitetura)</div><div>Escritório H (processo engenharia)</div><div>Escritórios P e H (processo colaboração)</div><div>Entrega</div></div><div>Momento onde inicia definição de soluções integradas pelos colaboradores Momento onde iniciam atividades que visam à integração de disciplinas Momento de integração das disciplinas</div></div>
Fases do Processo (Fluxograma)	<div><div><div>Estudo Preliminar</div><div>Anteprojeto</div><div>Projeto Pré-executivo</div><div>Projeto Executivo</div><div>Entrega</div></div><div><div>Estudo de massa/ zoneamento</div><div>Elaboração modelos 3D: Arquitetura, Estruturas, Instalações</div><div>Detecção de interferências: Arquitetura, Estruturas, Instalações</div><div>Reunião: arquitetos, engenheiros. Definição de soluções integradas</div><div>Ajustes: Arquitetura (Cad, Sketchup)</div><div>Ajustes: modelos BIM Estrutura, Instalações</div><div>Entrega</div></div><div>O escritório de engenharia: Modela arquitetura (Revit), Projeto Estrutura (Robot), Projeto hidrossanitário (Revit).</div></div>
Ferramentas (Softwares)	Sketchup e AutoCAD: usados em todas as etapas do projeto de arquitetura. / Robot: usado para elaborar e ajustar o projeto de estrutura. / Revit: usado para elaborar e ajustar os projetos de instalações. / Navisworks: detectar interferências.
Equipe	4 arquitetos e 2 estagiários: para elaborar o projeto de arquitetura. / 2 engenheiros e 1 estagiário: para elaborar os projetos de engenharia.
Formas de Comunicação	Comunicação entre arquitetos e engenheiros: E-mail, WhatsApp, presencial.
Produto	Arquitetura: projeto em AutoCAD e Sketchup. / Engenharia: projeto em BIM.
Worksets	Não utilizam
Forma de Compartilhamento dos Modelos	O escritório de arquitetura compartilhou arquivos com os colaboradores por e-mail. O escritório de engenharia compartilhou dados por e-mail com o escritório de arquitetura.
Coordenação	Na etapa de compatibilização o escritório de arquitetura faz a coordenação para que a integração das disciplinas sejam direcionadas de acordo com a partido arquitetônico.
Interoperabilidade	Não houve problema de interoperabilidade entre softwares, nem ocorreu perda de dados
Fatores que Limitam a Colaboração e Integração	Falta de interesse do contratante na colaboração visando à integração das disciplinas.
Projeto Analisado:	<div><div>Compatibilização dos projetos de estrutura e instalações no Navisworks (Residência alto padrão)</div><div></div><div>Fonte: Diedro Engenharia Ltda, 2018</div><div>Detecção de interferências entre estrutura e instalações no Navisworks (Residência alto padrão)</div><div></div><div>Fonte: Diedro Engenharia Ltda, 2018</div></div>

5 ANÁLISES E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentadas as análises e discussões dos dados de campo relacionados a consulta on-line, estudos de referência e estudos de caso. No decorrer da seção, alguns aspectos serão analisados à luz dos referenciais teóricos abordados. Os dados dos estudos de referência e de caso foram analisados em categorias, algumas definidas a priori e outras a posteriori, ou seja, a partir da teoria e após a coleta de dados, considerando-se para a análise de conteúdo das comunicações, as recomendações de Bardin (2011).

5.1 PANORAMA DO BIM NO RIO GRANDE DO NORTE

Com a aplicação da pesquisa on-line foi possível confirmar que no estado do Rio Grande do Norte há um predomínio no uso de ferramentas CAD no processo de projeto arquitetônico, especialmente as ferramentas AutoCAD e Sketchup. Verifica-se que, mesmo dentre os usuários de softwares BIM, o percentual de profissionais que usam os softwares CAD é elevado. Essa realidade pôde ser constatada também em algumas empresas – tanto de arquitetura quanto de engenharia – participantes dos estudos de caso. Desse modo, percebe-se que o Estado, e particularmente Natal/RN, está em processo de transição do CAD para o BIM.

Em relação aos softwares citados na pesquisa on-line, dos 59 profissionais que afirmaram ser usuários do BIM, apenas 3 mencionaram usar aplicativo específico voltado à colaboração e coordenação de projetos (Navisworks). A permanência no uso das ferramentas CAD, segundo os arquitetos não usuários de BIM, deve-se principalmente à dificuldade de manuseio dos aplicativos BIM, e ao fato de que, os softwares que utilizam atendem à realização das atuais tarefas desenvolvidas.

Percebe-se aqui uma preocupação com a colaboração entre as disciplinas, porém um desconhecimento das potencialidades das novas tecnologias. Apesar dessas constatações, dentre os não usuários dos recursos de modelagem da informação, 81,67% afirma que pretende utilizar estas tecnologias, podendo-se aferir assim uma relevante tendência no aumento casos de implantado do BIM em Natal/RN e no Estado do RN.

Dentre os arquitetos usuários de BIM, é mais expressivo o uso da tecnologia na fase anteprojeto/projeto legal (89,83%) e menos nas etapas iniciais de projeto

como estudo preliminar (61,01%). Possivelmente, como verificou-se em alguns estudos de referência e de caso, isso ocorre porque parte dos profissionais iniciam os estudos preliminares à mão, ou em Sketchup, e até mesmo no AutoCAD. Assim, como o BIM potencializa a integração, o uso dos recursos anteriormente apontados, no início do processo, em contrapartida, podem reduzir a antecipação dos processos colaborativos. Porém isso, não é condição efetiva, já que em alguns estudos de caso iniciados à mão, a definição de soluções de integração ocorreu antes da definição do anteprojeto, ao contrário de outros casos que iniciaram a proposta em BIM, mais a integração das disciplinas deu-se em estágios mais avançados do processo. Ou seja, a antecipação da integração está mais no controle do processo que no uso das ferramentas BIM desde os estágios iniciais do projeto.

Em relação aos projetos desenvolvidos, verifica-se que os profissionais que usam BIM desenvolvem mais, proporcionalmente, projetos de maior porte (multifamiliares e institucionais) que os não usuários – que representam percentual mais expressivo no desenvolvimento de projetos de interiores. Isto sugere uma tendência no uso de aplicativos BIM para o projeto de edificações de maior porte e mais complexas.

Em relação ao trabalho colaborativo (expresso no Gráfico 10²⁰), quase a metade dos arquitetos usuários do BIM (49,15%) afirmou que durante o processo de projeto arquitetônico com BIM não ocorre a colaboração com outros especialistas (engenheiro estrutural, de instalações, etc.), enquanto 38,98% afirmaram que sim. O uso do 3D para integração dos projetos foi citado por 20,34% dos entrevistados, enquanto 25,42% dos 59 profissionais que usam BIM realizam a colaboração desde os estágios iniciais de concepção do projeto. Este último dado concorre com o que se verificou nos processos mapeados, em que a colaboração se dá principalmente na fase de anteprojeto.

Como principais pontos negativos, os usuários de BIM indicaram a dificuldade de biblioteca de componentes, seguida da carência de mão de obra especializada; enquanto o principal ponto positivo citado foi a redução no tempo de elaboração da proposta e ao fato do BIM ter maior foco no projeto e menos preocupação na representação. Ressalta-se aqui que, durante a realização das entrevistas dos

²⁰ Conforme esclarecido anteriormente, ao responder a pergunta que gerou o Gráfico 10 da consulta on-line, os profissionais tinham a possibilidade de marcar mais de um item, caso afirmassem que “ocorre a colaboração de outros especialistas”.

estudos de referência e de caso, percebeu-se que a maior parte dos escritórios que afirmaram que o tempo de projeto diminuiu com o uso do BIM, estão nos estágios menos avançados de implementação, principalmente na fase de modelagem, com pouca inserção de dados construtivos nos modelos. Enquanto que nas empresas em que a aplicação do BIM alcançou níveis mais elevados, o processo tende a ser mais moroso principalmente na fase de inserção de dados, e mais rápido na extração da representação gráfica.

5.2 PANORAMA DO BIM NOS CONTEXTOS INTERNACIONAL E NACIONAL

5.2.1 Processos Colaborativos com Auxílio do BIM

Conforme descrito anteriormente, os processos colaborativos com o auxílio do BIM foram analisados com base em categorias, apresentadas no Capítulo 3, que aborda os Métodos, técnicas e instrumentos de pesquisa adotados. Foram definidas 10 (dez) categorias, cujas análises dos processos – estudos de referência e de caso – são apresentadas a seguir:

▪ Fases de Projeto

Em relação às fases do processo de projeto colaborativo com uso do BIM, os dados de campo apontam que, embora os escritórios tenham uma sequência lógica das atividades e/ou das etapas de desenvolvimento das propostas, de forma predominante, as empresas não apresentam fluxogramas ou diagramas com a definição clara das fases de projeto, quais atividades são desenvolvidas em cada momento, nem o nível de desenvolvimento dos modelos (LOD) que deve ser alcançado em cada etapa do projeto²¹.

Dentre as empresas analisadas, a C (ER 2) destaca-se no controle dos processos colaborativos, nas atividades realizadas e no LOD a ser alcançado em cada etapa, bem como nas ferramentas utilizadas e profissionais envolvidos, desde as primeiras fases do processo.

²¹ Conforme o Document G202™ que estabelece cinco níveis de desenvolvimento (LOD 100 – estudo de massa, LOD 200 – geométrica aproximada, LOD 300 – geometria precisa, LOD 400 – fabricação, e LOD 500 – *as built*).

Para a empresa D (ER 3), pioneira no uso do BIM no Brasil desde 2002, em seu processo não há mais tanta clareza em relação às fases, quando acaba por exemplo, o projeto básico e começa o executivo, visto que, já nesta primeira fase são inseridos dados para a execução da edificação. Porém, esse escritório mantém a adoção de fases para controle de honorários e momento de definição de aprovação do projeto pelo cliente.

Tanto nos estudos de referência como nos estudos de caso, a primeira reunião dos colaboradores de arquitetura e engenharia ocorre, na maioria dos casos, na fase de anteprojeto arquitetônico, quando a proposta de arquitetura já está definida. Assim, o processo é principalmente sequencial até a definição do anteprojeto de arquitetura, e, a partir de então, as disciplinas de engenharia começam a ser desenvolvidas. Geralmente é a partir da integração com a detecção de interferências que o processo se torna principalmente concomitante, com a realização de reuniões entre colaboradores e ajustes e compatibilizações em todas as disciplinas ao mesmo tempo por cada colaborador.

Segundo abordado no Capítulo 1, o trabalho colaborativo deve ocorrer ao longo do ciclo de vida da edificação, desde as fases de programação, viabilidade e projeto, até a execução da obra, operação e manutenção da construção. De acordo com Eastman et al. (2014), as demandas e especificidades de cada etapa do empreendimento são acompanhadas de interações entre as equipes/profissionais durante a fase de projeto. Essas interações entre arquitetos e engenheiros não foi percebida na maioria dos casos analisados, particularmente nas fases iniciais dos processos, o que passa a ocorrer principalmente a partir do anteprojeto arquitetônico.

Nesse sentido, para Kowaltowski et al. (2013), é na prática tradicional que a integração acontece somente após a etapa da concepção arquitetônica e que questões relacionadas por exemplo à engenharia e aos custos, em geral, são discutidas posteriormente à fase da concepção arquitetônica, tendo como consequência a limitação na atuação dos colaboradores, já que várias decisões que poderiam ser definidas colaborativamente são resolvidas de forma isolada.

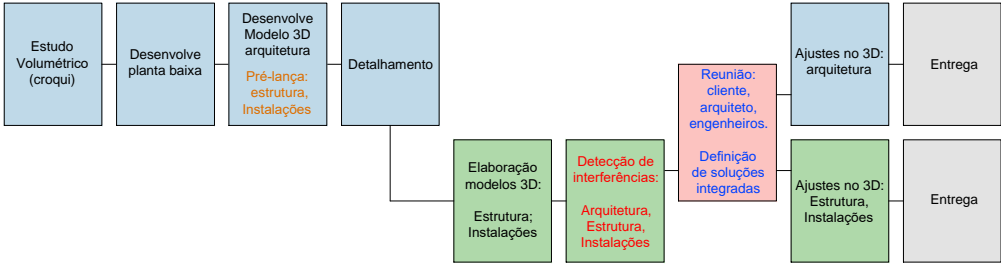
Eastman et al. (2014) considera que o BIM, embora não seja condição para uma prática integrada, é um potencializador. Com alguns dos casos analisados pode-se exemplificar a afirmação desses autores, já que, apesar dos diversos recursos trazidos pelas ferramentas BIM, percebe-se em alguns processos, limitações na colaboração e prática integrada das equipes. Ressalta-se aqui que, além das

ferramentas BIM, e do gerenciamento da equipe, o controle dos processos é relevante para potencializar a integração. Devido a não observação deste último aspecto, além dos demais, alguns escritórios apresentam deficiências nas práticas integradas.

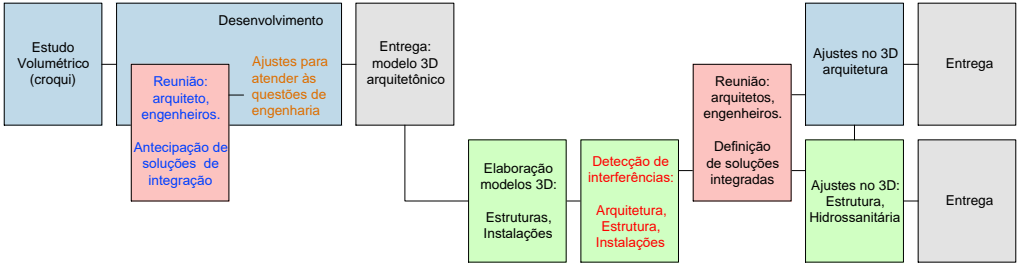
Conforme observa-se na maior parte dos fluxogramas dos processos colaborativos analisados, após a modelagem dos projetos de arquitetura, seguidos dos de engenharia, ocorre a integração das disciplinas, detecção da interferências e ajustes dos modelos (Figura 45).

Figura 45: Fluxogramas dos processos colaborativos dos Estudos de Caso e Referência

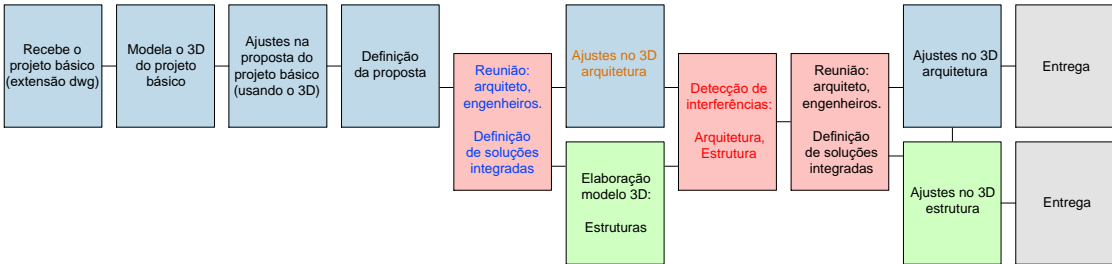
EC 1



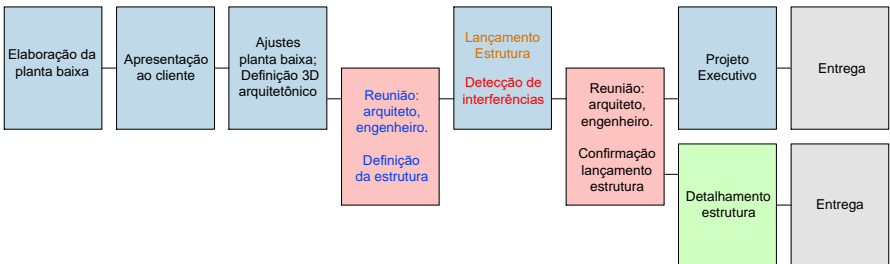
EC 2



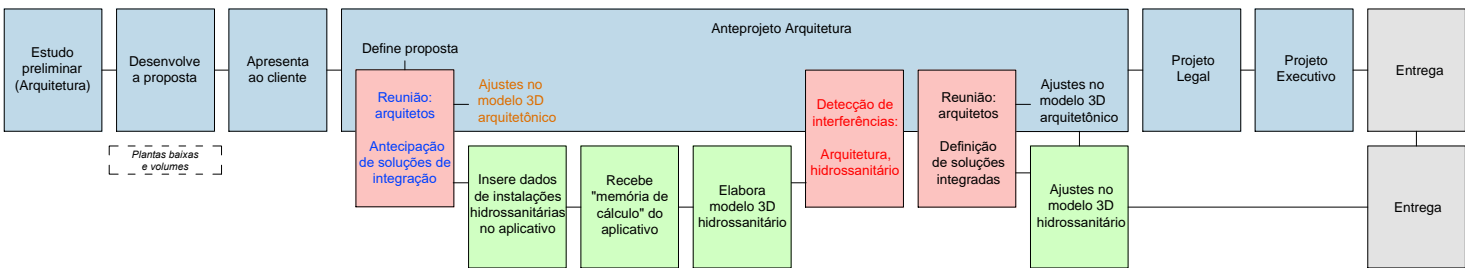
EC 3



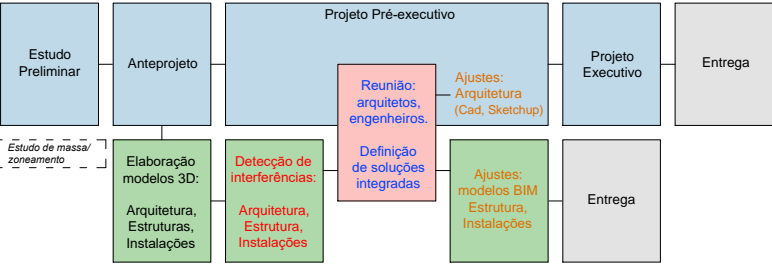
EC 4



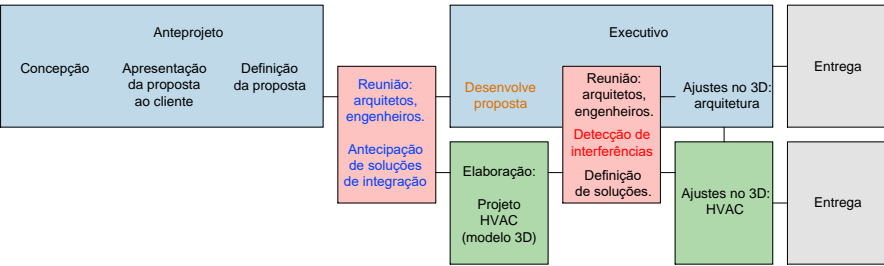
EC 5



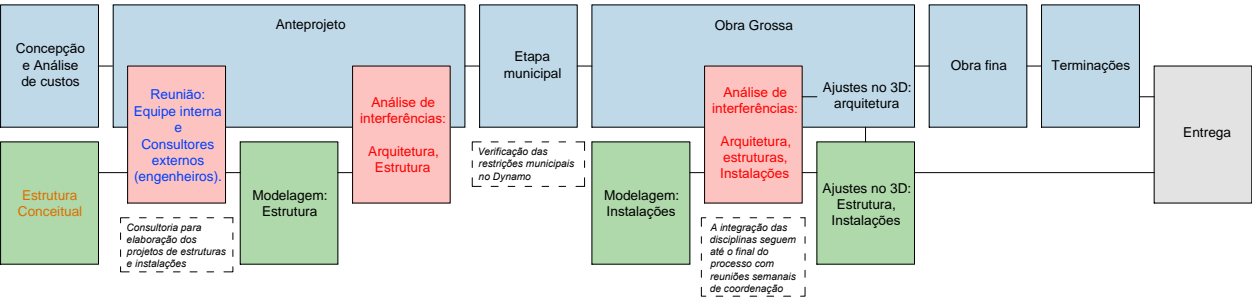
EC 6



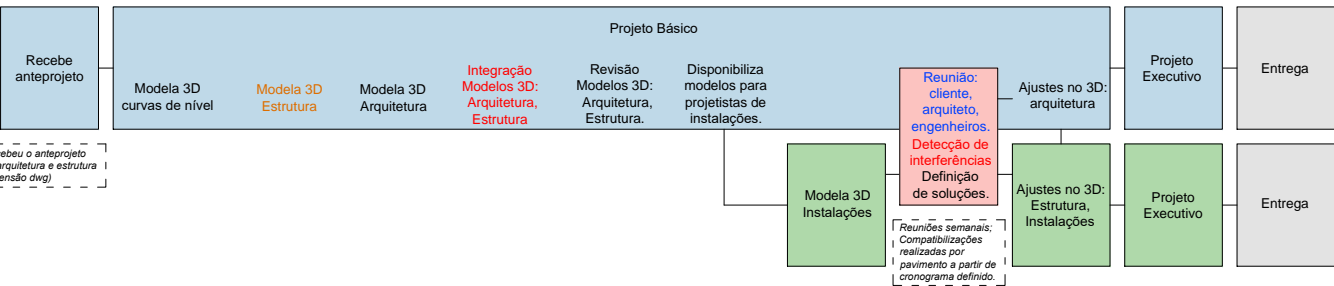
ER 1



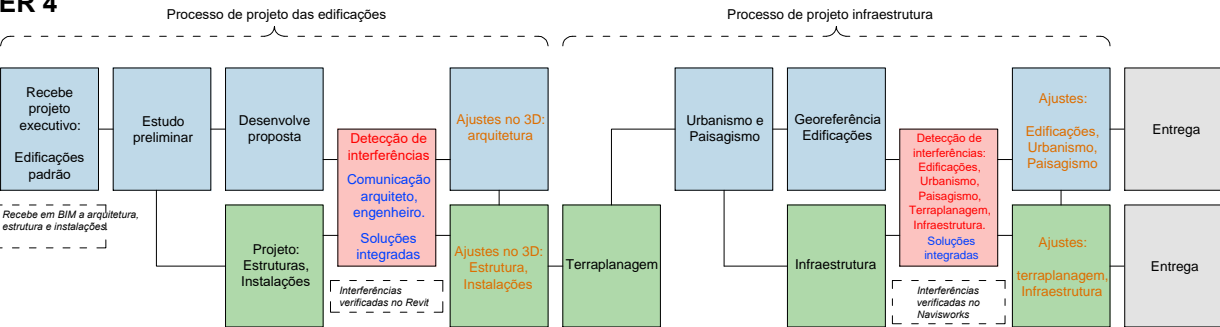
ER 2



ER 3



ER 4



Porém, nos casos ER 2, ER 3 e EC 1, antes da reunião com os colaboradores externos, são antecipadas soluções no projeto de arquitetura (conforme legenda em amarelo – Figuras 38, 39 e 41) com o objetivo de favorecer a integração e evitar futuras incompatibilidades.

No EC 1, por exemplo, quando o projeto de arquitetura é desenvolvido, os arquitetos realizam um pré-lançamento da estrutura e instalações, integrando estas disciplinas. Assim, quando os engenheiros modelam os projetos complementares, surgem menos interferências. Nesse processo específico, como os arquitetos pré-dimensionaram algumas disciplinas de engenharia, a reunião realizou-se apenas após os engenheiros modelarem suas disciplinas e fazerem a detecção de interferências entre os projetos no Navisworks.

Considerando os processos colaborativos analisados (Figura 45), verifica-se que, dentre as atividades de integração, destaca-se a de detecção de interferências com foco na compatibilização dos dados geométricos e menor atenção nos demais parâmetros construtivos. Considera-se que isso decorre principalmente do fato de os clientes firmarem contratos diferentes com cada especialista que, desse modo, entregam seus respectivos projetos separados.

▪ Ferramentas (Softwares)

Neste item é apresentada uma análise das principais ferramentas e recursos tecnológicos utilizados pelos escritórios de arquitetura e engenharia no processo de projeção e integração das disciplinas. Inicialmente observa-se que, com exceção da empresa P (EC 6), que usa o Sketchup e AutoCAD em todo o processo para definir a proposta arquitetônica, todos os demais escritórios de projeto arquitetônico utilizaram o Revit para a modelagem da arquitetura.

Nos casos ER 1, ER 2, ER 3 ER 4, EC 3 e EC 4, a utilização dessa ferramenta pelos arquitetos ocorre desde as primeiras fases do projeto, enquanto que nos estudos EC 1, EC 2 e EC 5, os arquitetos iniciam a proposta à mão para definição da volumetria/estudos preliminares, e em seguida passam para o Revit. Particularmente a empresa G, no EC 1, após o estudo volumétrico à mão, utiliza o AutoCAD para definição da planta e em seguida o Revit é usado no desenvolvimento do projeto.

Percebe-se assim, um predomínio da ferramenta de modelagem da Autodesk na concepção da arquitetura, porém o AutoCAD ainda é aplicado em parte ou em todo o processo de projeto por alguns profissionais. Verifica-se, em relação aos

profissionais de arquitetura que, embora alguns ainda estejam usando o AutoCAD, a maior parte já passou da fase de transição do AutoCAD para o BIM.

Além da ferramenta de modelagem BIM foram citados outros recursos voltados ao projeto de arquitetura, como o Lumion, Photoshop e 3D Studio para representação gráfica, Enscape para definição de detalhes de acabamento, ferramentas de simulação térmica – Ecotec (Figura 46) e acústica (Ramsete), e o Dynamo – software de programação visual que permite, a partir da inserção de dados do município, verificar se a edificação é compatível com as restrições municipais.

Figura 46: Simulação térmica em edificação residencial



Fonte: Edilízia, 2017.

Quanto às ferramentas utilizadas para desenvolvimento dos projetos de engenharia, as mais recorrentes foram Revit (para modelagem da estrutura e definição das instalações hidrossanitárias, elétricas e HVAC), Robot e Eberick (para definição da estrutura). Foi citado também o TQS, usado pela empresa N no cálculo de estruturas de concreto, porém os detalhes estruturais são realizados no AutoCad. Desse modo, constata-se que profissionais de engenharia também estão no processo de transição entre programas CAD e aplicativos de modelagem da construção.

Dos softwares voltados à coordenação de projetos o mais utilizado é o Navisworks, com recursos de detecção de interferências, comunicação entre profissionais, nuvens de revisão e outras aplicações para compatibilizar disciplinas.

Dos 4 (quatro) estudos de referência abordados, apenas no ER 1, o Navisworks não foi utilizado. Nesse estudo, a ferramenta usada para integrar as disciplinas de arquitetura e HVAC foi o próprio Revit, utilizado em vários outros casos também com essa função, principalmente no contexto de Natal/RN. Nesta cidade, de todos os profissionais participantes de pesquisa, apenas o escritório H (de engenharia) usa o Navisworks para compatibilizar os projetos com o arquitetônico.

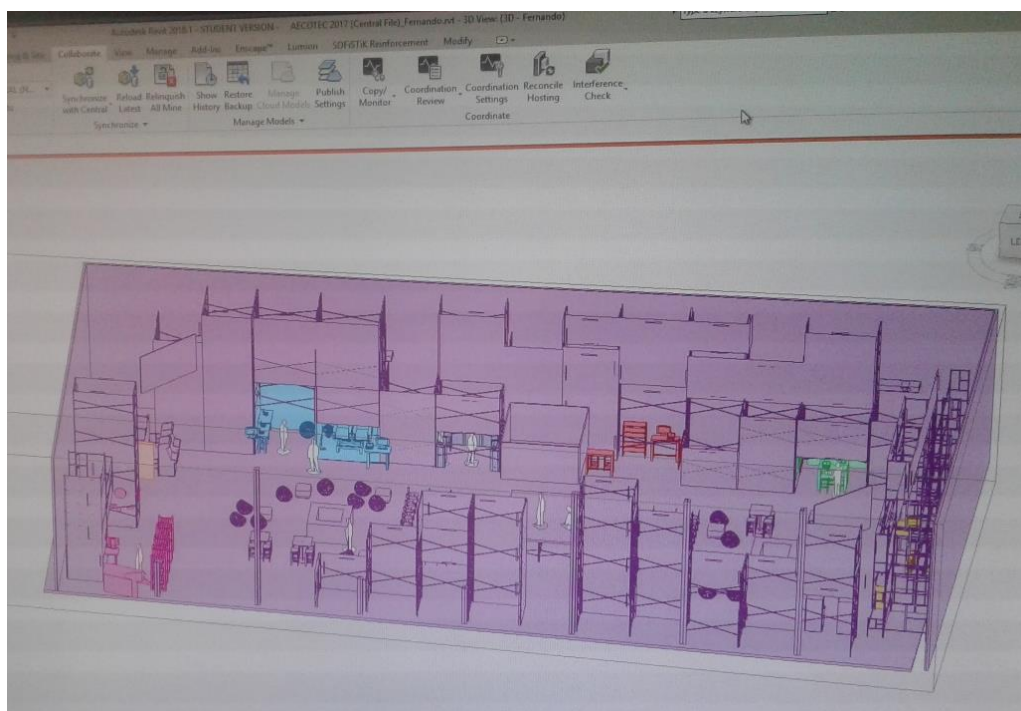
Analisando-se o uso das ferramentas de colaboração e integração de disciplinas, observa-se que durante o processo de projeto os recursos de comunicação, revisão de projeto e detecção de interferências, são subutilizados, tanto pelos escritórios de Natal-RN, quanto pelos escritórios analisados nos estudos de caso nacional e internacional, com exceção da empresa C, na qual foi verificado maior aproveitamento dessas vantagens.

Em relação à comunicação entre os profissionais, percebe-se a preferência dos escritórios pela prática da comunicação presencial, e-mail, telefone e WhatsApp. Segundo a empresa F, um dos motivos que dificulta o aproveitamento das ferramentas de comunicação oferecidas pelos softwares é a má qualidade dos serviços de internet. Com base no discurso de outros participantes da pesquisa, pode-se aferir que o problema também está no pouco conhecimento dessas potencialidades, de modo que o potencial colaborativo trazido pelos programas BIM não subaproveitados. Além disso, importantes ferramentas como BIM 360 Team, Teamwork, entre outras, constantes no Quadro 9, voltadas especificamente para potencializar o trabalho em equipe, não foram citadas.

▪ **Worksets**

Nos escritórios de arquitetura de referência nacional e internacional, em virtude dos projetos de maior porte e das equipes com mais projetistas, há o uso de worksets (Figura 47), e a proposta arquitetônica é desenvolvida concomitantemente por vários arquitetos, otimizando o tempo do processo de projeto e possibilitando maior integração da equipe. Na Figura 47 é possível visualizar a em cores distintas as várias worksets criadas para elaboração de um espaço de eventos. Enquanto um projetista atua na “proposta geral” (workset na cor roxo) outros desenvolvem as propostas de estandes específicos (worksets em azul, verde, o outras).

Figura 47: Trabalho colaborativo com uso de worksets



Fonte: Edilízia, 2017.

▪ Equipe de Projeto

Segundo descrições de Barison e Santos (2011), ao investigar o cenário da implantação do BIM no mercado da construção civil em São Paulo/SP, nas empresas de médio e pequeno porte, os profissionais tendem a acumular atividades e funções relacionadas ao BIM. Isso foi constatado também nos escritórios participantes desta pesquisa, principalmente em Natal/RN, onde os escritórios, com exceção da empresa K, apresentam equipe com menos de 10 funcionários.

Nestes escritórios, geralmente, tanto os membros da equipe, quanto, principalmente, os proprietários acumulam funções, desenvolvem e modelam o projeto, coordenam a equipe, gerenciam o processo e participam da etapa de integração/compatibilização das disciplinas. Ou seja, funções das especialidades de modelador 3D e modelador BIM, gerente do modelo e gerente BIM, são desenvolvidas por um único profissional. Alguns profissionais atuam ainda na realização de pesquisa sobre as tecnologias visando o aperfeiçoamento dos processos e capacitação da equipe.

Nos escritórios participantes dos estudos de referência, com equipes maiores, também há o acúmulo de funções e atividades, porém percebe-se uma melhor distribuição das atribuições entre profissionais. Verifica-se, nesses casos, uma

tendência de otimização na implantação da tecnologia. Porém, ressalta-se que, além da equipe interna e colaboradores externos, ou seja, os agentes, é necessário observar as políticas, processos e tecnologias. É o que ressalta Succar (2009), ao considerar a modelagem de informação da construção como sendo “[...] um conjunto de interativas políticas, processos e tecnologias” (SUCCAR, 2009, p. 357).

▪ **Coordenação**

Nos processos analisados, um dos profissionais que merece destaque é a figura do coordenador. Nos estudos de caso de Natal/RN, percebe-se que os coordenadores geralmente são os proprietários dos escritórios de arquitetura ou engenharia (dependendo do caso) que tem maior domínio das ferramentas BIM, cabendo a ele a integração das disciplinas. Uma exceção é o estudo de caso 6 em que o escritório de arquitetura exerceu maior controle na coordenação do processo de colaboração – embora ainda utilize o AutoCAD – porém a integração das disciplinas foi realizada pelo escritório de engenharia.

Nos escritórios de Natal/RN, devido ao número reduzido de projetistas, é comum a coordenação do projeto ser realizada pelos proprietários, que também desenvolvam as propostas, enquanto nas empresas maiores, há coordenadores para cada projeto, ou profissionais específicos para a função de coordenação. Com os dados levantados, percebe-se que quando há o cargo específico do coordenador (embora geralmente também projetista), há um maior controle dos processos de colaboração e integração das disciplinas.

▪ **Formas de Comunicação**

Em todos os processos analisados a colaboração entre arquitetos e engenheiros ocorreu a comunicação presencial, com realização de reuniões de consultoria, para ajustes das propostas e integração das disciplinas. O uso de correios eletrônicos, comunicações telefônicas e mensagens de texto (por aplicativos específicos como WhatsApp) também são recorrentes.

Já a comunicação entre os profissionais por meio dos próprios softwares BIM, usando os recursos colaborativos, foi citada em apenas 1 dos processos (

Quadro 16). Embora esses recursos favoreçam a comunicação durante o processo de projeto, não têm sido aproveitados pela maioria dos escritórios. Conforme visto no Capítulo 1, por exemplo, com o BIM 360 Team, é possível aos usuários

acessarem o modelo 3D e as pranchas colaborando em um projeto, revisando, se comunicando e fazendo comentários em tempo real como um chat de comunicação entre as equipes. Há inclusive a possibilidade de participação do cliente (leigo).

Quadro 16: Formas de comunicação entre colaboradores

Processo Analisado	Formas de Comunicação						
	Presencial	E-mail	Telefone	Whats App	Software BIM	Skype	Outro
ER 1	X	X	X	-	-	-	-
ER 2	X	X	X	-	X	-	-
ER 3	X	X	X	-	-	X	-
ER 4	X	-	-	-	-	X	-
EC 1	X	-	-	X	-	-	-
EC 2	X	X	X	X	-	-	-
EC 3	X	X	-	X	-	-	-
EC 4	X	-	X	-	-	-	-
EC 5	X	X	-	X	-	-	X
EC 6	X	X	-	X	-	-	-

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

▪ Forma de Compartilhamento dos Modelos

O compartilhamento dos modelos e dados de projetos dos diversos colaboradores é um relevante aspecto do processo de colaboração entre arquitetos e engenheiros. A escolha adequada da forma de compartilhamento das informações pode agilizar e otimizar os processos colaborativos e os produtos finais dos projetos desenvolvidos. Na implantação do BIM na empresa, é preciso definir o tipo de compartilhamento adequado para os modelos, visando favorecer a colaboração entre os agentes da equipe e a integração das disciplinas.

Nos 4 (quatro) estudos de referência abordados, verifica-se que as equipes internas compartilham o arquivo central de um projeto, por meio da rede local. Vários profissionais criam cópias locais que, ao serem modificadas, são sincronizadas com o arquivo central, que é atualizado. Desse modo, cada projetista desenvolve uma disciplina específica ou vários atuam a partir de worksets em partes diferentes de uma mesma disciplina, todos trabalhando concomitantemente. Como os projetos e as

equipes dos escritórios participantes dos estudos de referência são maiores, essa forma de compartilhamento dos modelos é melhor aproveitada do que por escritórios com equipe reduzida e projetos de menor porte que envolvem poucos profissionais.

Nos estudos de referência ER 2 e ER 4, os escritórios entrevistados apresentam equipe interna multidisciplinar com arquitetos e engenheiros de especialidades diversas e, assim, o compartilhamento de dados durante a colaboração e integração das disciplinas é realizada principalmente pela rede local. Enquanto que nos estudos de referência ER 1 e ER3, os escritórios de arquitetura A e D, formados essencialmente por arquitetos, compartilham os modelos com os colaboradores externos (engenheiros), usando respectivamente o Dropbox (compartilhamento de arquivos na nuvem) e AutoDoc (serviço de armazenamento de arquivos on-line com controle de downloads e uploads).

Nos estudos realizados no contexto de Natal/RN, particularmente nos casos EC 1, EC 2 EC 3 e EC 5, há o predomínio no uso dos serviços de armazenamento na nuvem para o compartilhamento de arquivos entre colaboradores de arquitetura e engenharia (Quadro 17). Nos casos analisados os projetos das diferentes especialidades geralmente são compartilhados em arquivos separados, alguns vinculados, outros não. Manzione (2013, p. 127) classifica essa forma de compartilhamento como sendo “trocas de arquivos físicos de modelos separados”. Para o autor, este é um dos mecanismos rudimentares de troca de modelos, com a transferência de arquivo físico gerado pelo software e depositado, por exemplo, em repositórios como o Dropbox, via web.

Quadro 17: Formas de compartilhamento de modelos e dados entre colaboradores

Processo Analisado	Arquivo Central (Rede Local)	Na Nuvem (Dropbox, Google Drive, OneDrive)	E-mail	Outro(s)
ER 1	X	X	-	-
ER 2	X	-	-	-
ER 3	X	-	-	AutoDoc
ER 4	X	-	-	-
EC 1	-	X	X	-
EC 2	-	X	-	-
EC 3	-	X	-	-
EC 4 ²²	-	-	-	-
EC 5	-	X	-	-
EC 6	-	-	X	-

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

No tipo de compartilhamento via *web*, a troca de dados é assíncrona (em tempos de diferentes), é necessário o controle de *downloads* e *uploads* para evitar perdas ou redundância de informações, maior cuidado com a segurança das informações dispostas na nuvem, melhor gerenciamento das versões e revisões dos projetos, dentre outros fatores que limitam a colaboração. No EC 3, por exemplo, verifica-se maior retrabalho de integração quando os arquivos são compartilhados em arquivos separados. Em alguns momentos quando o arquiteto recebe o projeto de engenharia, o arquitetônico está mais avançado e com novas atualizações, o que dificulta a compatibilização das propostas.

▪ Interoperabilidade

Nos processos investigados, percebe-se que arquitetos e engenheiros têm utilizado principalmente ferramentas de mesmo proprietário, em especial, Revit, Robot e Navisworks. Pode-se aferir que isso decorre pelo fato de tais programas pertencerem a uma software house de destaque no fornecimento de programas CAD e BIM, do desconhecimento dos profissionais em relação a softwares similares de

²² No estudo de caso 4 não houve compartilhamento de modelos entre os colaboradores durante o processo.

outras marcas, inclusive com valores mais acessíveis, e, principalmente, da intenção a evitar problemas de interoperabilidade entre aplicativos de diferentes fornecedores.

▪ Fatores que Limitam a Colaboração e Integração de Projetos

Aqui são analisados os principais fatores que, de acordo com as entrevistas e projetos apresentados, têm limitado a colaboração e integração de projetos. Seguindo o modelo do item 2.3.7 do referencial teórico, buscou-se separar tais fatores em três grupos, relacionados a processos, pessoas e tecnologias. Inicialmente observou-se que os mais recorrentes são relacionados às pessoas. É frequente entre os profissionais a necessidade de capacitação e a resistência à adoção e uso das tecnologias BIM (Quadro 18).

Quadro 18: Fatores que limitam a colaboração, identificados pelo autor com base nas entrevistas (dos estudos de referência e de caso)

Campos	Fatores
Processos	- A maioria dos escritórios não definem/planejam os processos colaborativos a serem realizados.
Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> - Poucos arquitetos do mercado desenvolvem os projetos em BIM; - Falta de interação entre profissionais do mercado; - Os clientes não pagam a mais pelos projetos em BIM; - Falta de interesse do contratante na colaboração para integrar disciplinas; - Exigência dos projetos em AutoCAD para aprovação nos órgãos públicos; - Necessidade de capacitação das equipes de projeto; - Resistência à adoção e uso das novas tecnologias.
Tecnologias	<ul style="list-style-type: none"> - Problema de interoperabilidade; - Limitação de hardware e dos softwares; - Necessidade de internet de melhor qualidade.

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

A falta de capacitação e o consequente manuseio inadequado das tecnologias levam alguns projetistas a pensar que as falhas são dos recursos tecnológicos disponíveis, quando, no entanto, percebe-se que é falta de habilidade desses profissionais durante o uso das ferramentas. Isso não é incomum de ocorrer, observando-se por exemplo, quando softwares diversos são utilizados em um processo e, ao surgirem problemas estes são incorretamente relacionados à

interoperabilidade dos aplicativos. Em alguns casos, o problema não é de interoperabilidade, mas do desconhecimento dos aplicativos.

Nos estudos de referência 2 e 3, bem como no estudo de caso 6 são apresentados projetos em que houve a integração de diversas disciplinas (arquitetura, estrutura, instalações elétricas, hidrossanitárias, pluviais e HVAC), porém não foram citados problemas de interoperabilidade. As disciplinas foram integradas no Navisworks e, geralmente, os profissionais tem utilizado softwares de mesmo fabricante para evitar problemas de interoperabilidade – como inconsistências dos modelos virtuais e perdas de informação.

No estudo de referência 4 foi citada a dificuldade de interoperabilidade entre os softwares Civil 3D e Revit, porém o projeto de terraplenagem elaborado no Civil 3D foi exportado em forma de nuvem de pontos e usado no Revit para elaboração dos projetos de urbanismo, paisagismo e locação das edificações. Ao final, todas as disciplinas (arquitetura, estrutura, instalações, infraestrutura, terraplenagem, urbanismo e paisagismo) foram integradas no Navisworks.

Já o estudo de caso 3 foi o único processo em que se citou o uso de arquivo na extensão IFC, para exportar o modelo estrutural do Eberick e integrar com o arquitetônico no Revit. Nestes casos de níveis internacional, nacional e local, as soluções adotadas favoreceram a interoperabilidade e consequente, colaboração e integração das disciplinas.

Desse modo, percebe-se na maioria dos processos estudados, que os escritórios têm utilizado estratégias e softwares BIM para evitar problemas de interoperabilidade, o que vai ao encontro da percepção de Kowaltowski et al. (2013). Segundo os autores, “[...] na prática, observa-se que poucas empresas e profissionais que utilizam ferramentas BIM buscam a interoperabilidade e a colaboração” (KOWALTOWSKI et al., 2013, p. 432).

Verificou-se também que outro limitante à colaboração e integração de disciplinas é a falta de definição de processos colaborativos pelas empresas. Na maioria dos casos, as tarefas dos processos são descritas segundo uma lógica, porém não há definição clara de fluxogramas de atividades, o que pode propiciar a subutilização dos colaboradores, das TICs e a fragmentação dos processos.

Por sua vez, a não exigência dos projetos em BIM para aprovação nos órgãos públicos, citado por um escritório de Natal/RN, é mais um fator que dificulta a adoção

e colaboração com o BIM, pois estimula a permanência no uso dos softwares CAD pelos profissionais de arquitetura e engenharia.

▪ **Produto**

Antes de apresentarmos a análise dos dados de campo referentes a este item da pesquisa, ressaltamos que o conceito de produto do projeto na definição de Pereira (2013). Segundo o autor o conceito de projeto em arquitetura compreende duas dimensões: **projeto** e **produto**. Enquanto produto, o projeto é um “conjunto de documentos constituído por informações gráficas e textuais que materializam e comunicam a proposta técnica para resolução de determinado problema, sendo necessário para a execução do objeto [...]” (PEREIRA, 2013, p. 64).

Dentre os 10 (dez) processos analisados, observou-se, com algumas exceções, que os modelos de arquitetura e demais disciplinas passam por análises de detecção de interferências e são compatibilizados, ou seja, elas são integradas, porém ao final do processo, cada profissional entrega seu projeto específico ao cliente, em BIM e/ou PDF, alguns em CAD, mas em arquivos separados e não é um único arquivo. Dentre outros motivos, isso decorre da atual forma de contrato praticada entre clientes e especialistas, que acordam a contratação dos projetos por disciplinas.

Como consequência, os produtos da maioria dos processos analisados, não são o modelo único construtivo, entregue em um único arquivo com todas as informações necessárias para a realização da construção, a ser usado nas fases seguintes do ciclo de vida da edificação como nas fases de as built e manutenção do edifício. Conforme descrito no referencial teórico, à medida que o modelo de informação da construção é desenvolvido, os dados são inseridos e em um modelo único que gradativamente passa a ser a representação virtual da construção, e a referência única para todo o processo de projeto, ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Com os modelos e dados da edificação virtual em arquivos separados, embora inicialmente integrados, há necessidade de maior controle no gerenciamento das informações pelos clientes e projetistas.

Outro aspecto relevante que também tem relação com a forma de contrato, dentre outros fatores, é que, embora os modelos das disciplinas analisadas em cada um dos estudos tenham sido produzidos em BIM, em alguns estudos como no EC 4 e EC 6, os projetos de arquitetura e estruturas entregues aos clientes no final dos

processos foram detalhados em CAD. Ou seja, nesses exemplos, os modelos BIM das disciplinas citadas, são representações geométricas 3D sem informações inseridas, elaboradas com a função principal de integração e compatibilização dos projetos. Nos estudos ER 3 e EC 3 os modelos estruturais, embora calculados e obedecendo aos projetos específicos, também são representações geométricas 3D visando integrar as disciplinas. No EC 3, em uma das imagens do projeto analisado, percebe-se que as propriedades da estrutura da edificação são apenas geométricas.

O escritório de arquitetura D, participante do processo EC 3, com destaque no mercado nacional por desenvolver no BIM projetos executivos de edificações complexas, considera nível adequado para a construção o LOD 300, e em alguns casos, já inicia o projeto básico nesse nível de detalhamento. Porém, a maioria dos profissionais desconhecem e/ou não aplicam esse conceito, embora geralmente tenham uma definição da quantidade de detalhes e informações que a proposta terá.

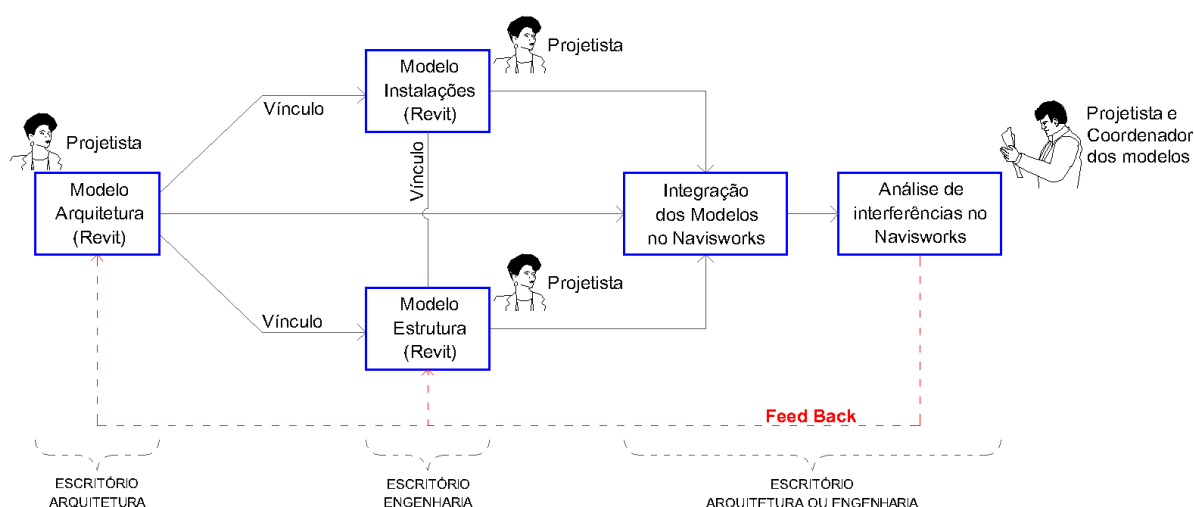
Observou-se também que não necessariamente, os produtos finais de processos em que os colaboradores trabalham com o BIM, apresentam dados mais consistentes do que os produtos finais de processos em que um dos colaboradores trabalha em CAD e o outro em BIM. Nos estudos de caso 1 e 6 como a detecção de interferências é feita automaticamente com uso de softwares específicos de revisão, a compatibilização dos dados geométricos apresenta maior de otimização em relação aos casos que realizam a checagem visual como os estudos de caso 2, 3, 4, 5 e o estudo de referência 1.

5.2.2 Cenários de Colaboração

Analisando-se os 10 (dez) processos de projeto abordados verificam-se diferenças, mas também semelhanças relevantes entre eles em relação a alguns aspectos, como: a maneira dos profissionais da equipe interna e/ou externa trabalharem juntos; a forma como desenvolvem a modelagem; e o modo de integração das disciplinas. Como base nesses três aspectos, embora percebendo-se as particularidades de cada caso, os processos analisados foram categorizados em três cenários de colaboração. Para auxiliar na classificação de cada processo colaborativo em cenários, foram realizados diagramas com aproximações dos propostos por Jørgensen et al. (2008).

No cenário de colaboração 1, os projetos complementares são modelados a partir de vínculo com a proposta de arquitetura após esta ser modelada. Em seguida,

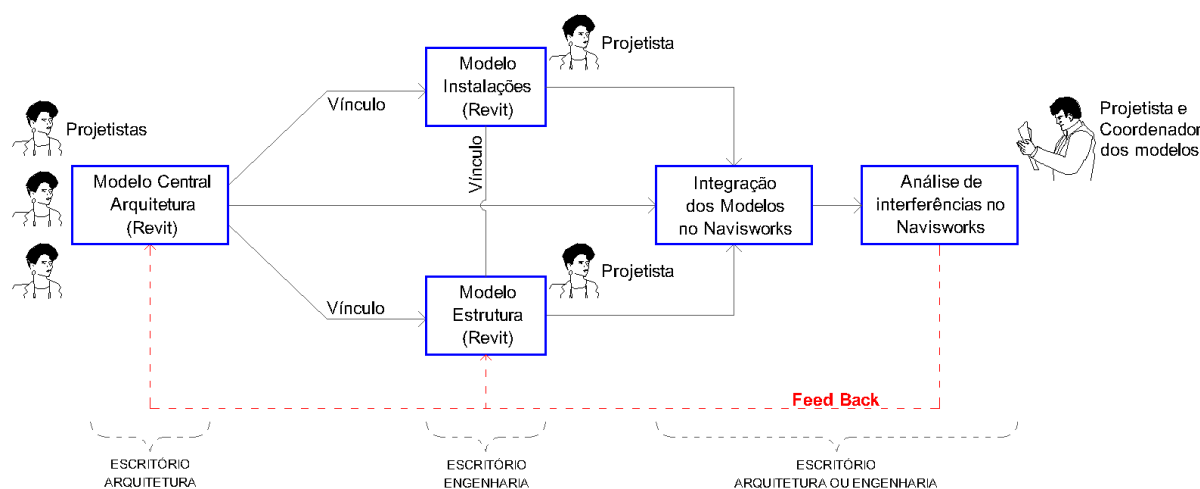
Figura 49: Cenário de Colaboração 2



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

E no cenário de colaboração 3, devido os escritórios terem equipes maiores e os projetos serem de maior porte, percebe-se um maior aproveitamento das ferramentas de colaboração, como o uso de worksets e do modelo central, permitindo que vários projetistas trabalhem ao mesmo tempo em um ou mais modelos. A verificação de interferências é realizada com ferramentas específicas de coordenação e revisão, gerando maior precisão do banco de dados (Figura 50). Neste cenário foram categorizados os estudos de referência nacionais e internacionais ER 1²⁴, ER 2, ER 3 e ER 4.

²⁴ No Estudo de Referência 1 (ER 1) integração de disciplinas e detecção de interferências é realizada pelo escritório de arquitetura, mas no próprio software de modelagem e não em aplicativo específico de coordenação de projetos. O ER 1 foi categorizado no cenário 3 com base no processo de modelagem do projeto de arquitetura, cujo compartilhamento de arquivos é baseado no modelo central e na edição de cópias locais, a partir do uso de worksets. Essa é a forma de modelagem e compartilhamento do projeto de arquitetura verificada nos outros estudos de referências analisados.

Figura 50: Cenário de Colaboração 3

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Os 6 (seis) estudos de caso Natal-RN foram categorizados nos cenários 1 e 2, enquanto no cenário 3 estão inclusos os 4 estudos de referência (2 nacionais e 2 internacionais). Os três cenários identificados, apesar de aproximações, diferem dos propostos Jørgensen et al. (2008), dentre outros aspectos, devido ao fato dos cenários descritos por estes autores referirem-se à colaboração com uso do IFC, o que se supõe a aplicação de ferramentas de diferentes fabricantes, enquanto que os processos abordados neste estudo são caracterizados pelo predomínio de ferramentas de modelagem BIM de mesmo fabricante.

Dentre os cenários de colaboração identificados, percebe-se no terceiro um maior aproveitamento dos recursos e ferramentas de colaboração, que é potencializado pelo perfil das equipes e dos projetos. O uso de vínculos entre os projetos, assim como o uso dos modelos central e local, é um dos recursos que favorece tanto o trabalho individual como em colaboração, pois o compartilhamento dos modelos possibilita o trabalho colaborativo, porém percebe-se principalmente nos cenários 1 e 2 a subutilização desses recursos.

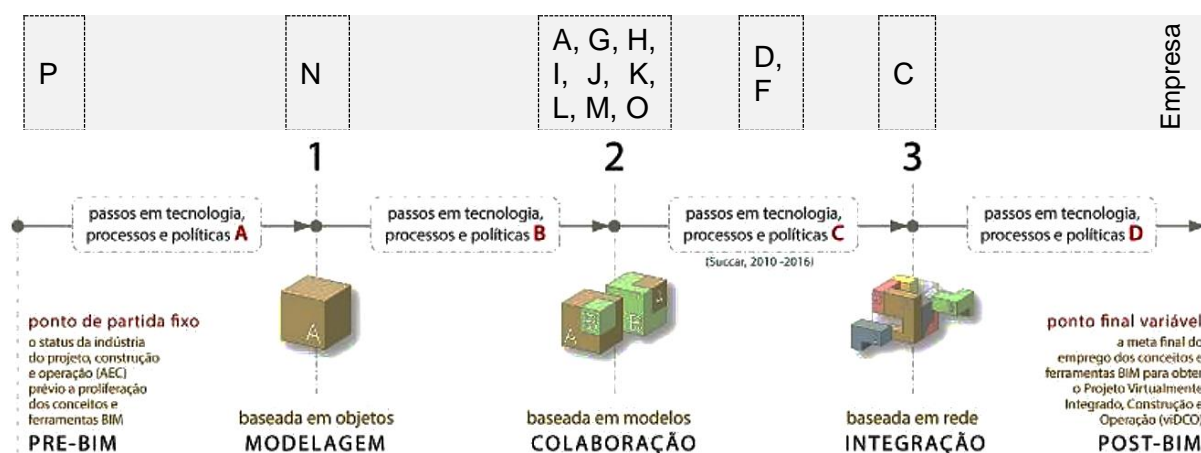
Contudo, é importante ressaltar que esses cenários de colaboração não definem exatamente o nível de maturidade de implantação do BIM das empresas envolvidas na pesquisa, mas, conforme supracitado, expressam a maneira dos profissionais da equipe interna e/ou externa trabalharem juntos; a forma como desenvolvem a modelagem; e o modo de integração das disciplinas.

5.2.3 Estágios de Implantação do BIM nos Escritórios

Conforme descrito ao longo da pesquisa, o foco deste estudo é a análise dos processos colaborativos entre profissionais de arquitetura e engenharia visando à integração das disciplinas para a elaboração do modelo único construtivo. De forma adjacente, busca-se neste item identificar, com base em Succar (2009), o nível de maturidade da implantação do BIM em cada escritório.

Para Succar (2009), há três estágios de maturidade que são classificados em três graus fixos, além das fases Pré-BIM – que representa o status da indústria antes da implementação do BIM – e a fase IPD (Integrated Project Delivery - Entrega do Projeto Integrado) que denota o objetivo final da implementação do BIM (Figura 12). Para definir as empresas em um desses estágios, o autor sugere uma autoavaliação dos escritórios em relação a critérios e requisitos para qualificar o estágio de implementação do BIM, com base na análise dos componentes de tecnologia, processo e política. A definição do estágio de maturidade das 16 empresas²⁵ foi realizada com base no cruzamento dos dados das entrevistas com as principais características descritas por Succar (2009) sobre cada um dos estágios (Quadro 19 e Figura 51).

Figura 51: Estágio de maturidade das empresas²⁶



Fonte: Elaboração do autor (2018), com base em Succar (2009).

²⁵ Não foi possível realizar entrevista com as empresas de engenharia B, E e N, o que dificultou a definição de seus respectivos estágios de maturidade. O processo de projeto de que participaram foi mapeado a partir das informações dos escritórios de arquitetura com quem colaboraram. As empresas B e E realizam colaboração baseada em modelos com troca de arquivos, porém seriam necessárias mais informações para aferir seus estágios de maturidade. Já a empresa N, implantou o software BIM, mas detalha os projetos em AutoCAD, e a modelagem da estrutura para integração das disciplinas (no processo EC 4) foi elaborado pelo escritório de arquitetura. Assim N foi classificada no Estágio 1.

²⁶ Os Quadros 12 e 14 apresentados no Capítulo 4 contêm um perfil sucinto das empresas participantes da pesquisa. As empresas de A a F são as integrantes dos estudos de referência internacionais e nacionais, e as de G a P são as envolvidas nos estudos de caso de Natal-RN.

Quadro 19: Estágios de maturidade das empresas

Estágio	Características do Estágio	Empresa
Pré-BIM	<u>Documentação 2D</u> para descrever uma realidade em 3D; Baixo investimento em tecnologia e falta de interoperabilidade; Colaboração não é priorizada; Custos e especificações geralmente não derivados do modelo de visualização; Fluxo de trabalho assíncrono e linear.	P
Passos em tecnologia, processos e políticas A		
BIM Estágio 1	<u>Não há troca de modelos</u> entre colaboradores apenas de informações ou documentos (PDF's ou DWG's); Implementação do BIM inicia-se com a implantação de software paramétrico 3D baseado em objeto, como ArchiCAD®, Revit®, Digital Project® e Tekla®; Práticas colaborativas semelhantes ao <i>status</i> pré-BIM; Apenas uma disciplina usa BIM, gerando seus próprios dados internos; Produtos gerados pelos modelos: criação automática de desenhos, compatibilização de projetos, visualizações 3D e tabelas simples de quantitativos; Comunicação assíncrona e desarticulada.	N
Passos em tecnologia, processos e políticas B		
BIM Estágio 2	<u>Colaboração baseada em modelos</u> ; Mais de uma disciplina ou empresa trocando modelos; Colaboração entre disciplinas, com troca de arquivos em formatos proprietários ou de exportações no formato IFC; Geração de estudos 4D (análise de tempo) e 5D (estimativa de custo); Comunicações assíncronas entre agentes; Algumas alterações contratuais.	A, G, H, I, J, K, L, M, O
Passos em tecnologia, processos e políticas C		
BIM Estágio 3	<u>Integração baseada em rede</u> . Uso de diversas tecnologias, como os servidores de modelo, SaaS (software como serviço), modelos centrais ou bancos de dados federados; Modelos integrados compartilhados (mais de duas disciplinas) permitindo análises mais complexas do desempenho do edifício e mantidos de forma colaborativa, durante todo o ciclo de vida do projeto. Empresa ou equipe com alta capacidade; Modelos interoperacionais permitindo análises complexas nos estágios iniciais de projeto e construção virtuais. Trocas síncronas de modelos BIM ocasionam a sobreposição das fases do ciclo de vida do projeto.	C
Passos em tecnologia, processos e políticas D		
IPD	Empresas maduras no Estágio 3 e que começam a vincular outros tipos de dados (sistemas integrados de manutenção, sistemas de gerenciamento predial, lógica de negócios de operações, sistemas de informação geográfica – GIS – em modelos de cidades; Entregáveis, requisitos, <i>stakeholders</i> , tecnologias, processos e políticas, através de toda cadeia de suprimentos virtualmente integrada em uma base de dados.	-

Fonte: Elaboração do autor (2018), com base em Lawson (2009) e BIM Framework (2015).

De acordo com o Quadro 19 e Figura 51, percebe-se que, das 16 empresas, 1 ainda está no estágio de Pré-BIM, ainda não adotou ferramenta de modelagem BIM e o processo de projeto é desenvolvido por ferramentas CAD; no processo de projeto que participou (EC 6) a modelagem de arquitetura em software BIM foi realizada pelo escritório de engenharia.

Por sua vez, o escritório N já implantou a ferramenta BIM no escritório, gera o 3D da estrutura e detalha os projetos com uso do AutoCAD; o modelo utilizado no processo EC 4 foi modelado pelo escritório de arquitetura, ou seja, não houve troca de modelos BIM entre os parceiros. Assim, N ainda está no Estágio de Modelagem (Estágio 1).

O estágio em que se encontram o maior número de empresas é o de Colaboração (Estágio 2), com 9 participantes, dos quais 8 são de Natal/RN, o que denota que os escritórios dessa cidade precisam avançar nas práticas colaborativas, havendo necessidade de investimentos tanto em tecnologias como em processos e políticas. Nesses escritórios verifica-se que o processo colaborativo é baseado em modelos, com troca de arquivos de mais de uma disciplina em formatos proprietários ou de exportações no formato IFC.

As empresas D e F apresentam estágios mais avançados de colaboração em relação às anteriores. Estão entre os estágios 2 e 3 e usam ferramentas tecnológicas diversas e têm equipes altamente capacitadas. Seus modelos integrados apresentam elevado grau de detalhamento e permitem análises mais complexas do desempenho do edifício. Porém, ainda pode se identificar a integração de alguns modelos baseados na troca ou importação de arquivos.

Dentre as empresas analisadas considera-se que a C, embora tenha iniciado a implantação do BIM há poucos anos (em 2012), apresenta maior grau de maturidade, inserindo-se no Estágio de Integração – Estágio 3. Verifica-se nesta que a integração é baseada em rede, todos os colaboradores (arquitetos e engenheiros) da equipe interna desenvolvem um modelo único virtual com todas as disciplinas em um arquivo central.

A empresa C tem processos colaborativos bem definidos, ferramentas (softwares) diversas e compatíveis para atender às demandas de cada disciplina em cada fase de projeto, dispõe de tecnologias de coleta e apresentação de dados (*scanner* a laser, drone, óculos 3D e outras), além de contar com equipe multidisciplinar – coordenada por BIM Manager – com habilidades variadas, e que

participa de capacitações frequentes. Observa-se assim, um elevado grau de maturidade do BIM a partir de investimentos nos componentes de TPP (tecnologia, processo e política) consideradas por Succar (2009). Porém, segundo o autor, para alcançar maturidade em um estágio é necessário que os escritórios ou cada equipe de projeto passe por certo número de passos entre os estágios, não podendo pular, por exemplo, do Pré-BIM para a colaboração baseada no modelo. Os passos (A, B, C e D) não são os mesmos, mas são do mesmo tipo, referindo-se a avanços em tecnologia, processos e políticas.

Outro aspecto a ser analisado é o perfil ou nicho de mercado das empresas. Observou-se, no caso da empresa C, que a mesma, pelo fato de atuar na execução das obras, realiza investimentos significativos de tempo e capital em componentes de TPP na fase de projeto, reduzindo assim os desperdícios e imprevistos na obra e aproximando, assim, as equipes de projeto e execução. Em contrapartida, no escritório G, que também atua no ramo de projeto e construção, o nível de maturidade é menor, podendo aferir-se que isso decorre não apenas pelo fato da implantação do BIM ser mais recente (2015), mas também pelo menor investimento em TPP.

Nesse sentido, não se pode afirmar que o nicho de mercado é preponderante na definição de estágios mais elevados de colaboração dos profissionais, mas importam, principalmente, as questões culturais e escopo de cada empresa. De modo que escritórios de projeto de arquitetura, que geralmente tem maior distanciamento da obra, podem alcançar elevados estágios de colaboração com o modelo virtual, como é o caso das empresas D e F.

CONSIDERAÇÕES

Neste trabalho pode-se verificar como os escritórios de arquitetura de Natal/RN têm se apropriado do potencial colaborativo da tecnologia BIM para integração de projetos. Tendo como pano de fundo principal os escritórios de arquitetura, foi possível analisar no mercado profissional da cidade, como são desenvolvidos os processos colaborativos com uso do BIM visando à integração de projetos, entre engenheiros e arquitetos.

Com base no referencial teórico, e no mapeamento dos processos de projeto, foi possível identificar diferentes formas de colaboração e categorizar cenários de processos colaborativos emergentes no contexto geográfico abordado. A pesquisa também permitiu, com base em levantamento bibliográfico e principalmente estudos de referência, examinar as práticas colaborativas voltadas à integração de projetos na realidade dos escritórios de Natal/RN, em relação a outros de contextos (nacional e internacional).

Como forma de complementar a pesquisa visando a ampliar e reafirmar dados e análises, foram realizadas abordagens sobre os estágios de implantação do BIM em cada escritório, e consulta on-line de caráter qualitativo e quantitativo, disponibilizada a todos arquitetos com registro no CAU/RN.

▪ Resultados e Conclusões

Os resultados da consulta on-line no RN apontam que dos 179 participantes que atuam com projeto de arquitetura, apenas 59 (32,96%) usam o BIM no processo de projeto arquitetônico; e que desses, 23 afirmaram, em relação ao trabalho colaborativo, que durante processo de projeto arquitetônico ocorre a colaboração com outros especialistas – engenheiro estrutural, de instalações, etc. (Tabela 3).

Tabela 3: Quantitativo de profissionais da pesquisa on-line

Descrição	Quantidade
Arquitetos com registro no CAU-RN em janeiro de 2018	2.366
Arquitetos participantes da pesquisa ²⁷	196
Arquitetos que atuam com projeto de arquitetura*	179
Arquitetos que não usam o BIM no processo de projeto arquitetônico*	120
Arquitetos que usam o BIM no processo de projeto arquitetônico*	59
Arquitetos que colaboram com outros especialistas (engenheiro estrutural, de instalações, etc.) durante o processo de projeto com o BIM*	23

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Em relação aos processos mapeados dos estudos de referência e de caso, observa-se na maior parte deles que, apenas após a modelagem dos projetos de arquitetura, seguidos dos de engenharia, é que ocorre a integração das disciplinas, detecção da interferências e ajustes dos modelos. Dentre as atividades de integração, destaca-se a de detecção de interferências com foco na compatibilização dos dados geométricos e menor atenção nos demais parâmetros construtivos.

Já em relação ao uso das ferramentas de colaboração e integração de disciplinas, nota-se que os recursos de comunicação, revisão de projeto e detecção de interferências, são subutilizados, tanto pelos escritórios participantes dos estudos de caso de Natal/RN quanto por quase todas as empresas participantes dos estudos de referência (dos contextos Nacional ou Internacional). Os softwares de compatibilização e os de modelagem são em geral de mesmo proprietário, ou seja, pouca interação entre softwares de diferentes fabricantes (não proprietários), resultando em baixo nível de interoperabilidade com pouco uso do padrão de extensão IFC.

Quanto aos agentes colaboradores, ao contrário dos estudos de referências, verifica-se, nos escritórios em Natal/RN, que as equipes são reduzidas com menos de 10 profissionais, gerando maior acúmulo de funções (modelagem, projeção e coordenação da equipe e da etapa de integração/compatibilização das disciplinas). Durante a colaboração, na comunicação entre arquitetos e engenheiros há predomínio

²⁷ Os dados indicados com asterisco (*) tem relação com a quantidade de respostas obtidas (196), ou seja, estão inseridos do grupo de arquitetos participantes da pesquisa on-line.

das reuniões presenciais para ajustes das propostas e integração das disciplinas, mas também ocorre por meio e-mails, telefone e por WhatsApp (este último, que é um recurso de rede social, foi citado apenas pelos escritórios de Natal/RN).

Como fatores limitantes dos processos, percebe-se que a maioria deles são relacionados a pessoas (projetistas, clientes e órgão públicos), como necessidade de capacitação, resistência ao uso das novas tecnologias, falta de interação entre profissionais do mercado (arquitetos e engenheiros) e manutenção de práticas tradicionais.

Durante o processo de projeto, nos estudos de referência abordados, verifica-se que as equipes internas compartilham o arquivo central de um projeto, por meio da rede local, mas há também, em alguns casos, o uso do compartilhamento no AutoDoc e Dropbox. Em Natal/RN, há o predomínio no uso dos serviços de armazenamento na nuvem para o compartilhamento de arquivos entre colaboradores de arquitetura e engenharia. Nesse contexto, a integração das disciplinas e detecção de interferências ocorre principalmente por meio de softwares proprietários com arquivos vinculados. Enquanto nos escritórios participantes dos estudos de referência predomina o uso de ferramentas específicas para verificação de interferências.

Quanto ao produto final entregue, observa-se, tanto nos estudos locais, como em casos a nível nacional e internacional, que são realizadas análises de detecção de interferências e compatibilização/integração das propostas; porém, ao final do processo, cada profissional entrega seu projeto específico ao cliente, em BIM, e/ou PDF, alguns em CAD, mas em arquivos separados e não é um único arquivo.

O estudo dos 10 (dez) processos analisados permitiu categorizá-los em 3 (três) cenários principais de colaboração: a) no Cenário 1, que os projetos complementares são modelados a partir de vínculo com a proposta de arquitetura, e em seguida faz-se a verificação de interferências com base na observação visual; b) Cenário 2, apresenta semelhanças quanto ao processo de modelagem, porém, faz-se uso de ferramenta específica de coordenação e revisão. Neste cenário, o uso de ferramentas especificadas de coordenação otimiza as revisões, contribuindo para redução de inconsistências dos dados; c) e no Cenário 3, faz-se uso de worksets e uso do modelo central (pela equipe interna) a partir de rede local, facilitando o desenvolvimento de vários elementos (de um mesmo modelo) ou de vários modelos concomitantemente. E a detecção de interferências é realizada na maioria dos casos em ferramenta específica de coordenação e revisão.

Dentre os cenários de colaboração identificados, percebe-se no terceiro – formado pelos estudos de referência nacionais e internacionais – um maior aproveitamento dos recursos e ferramentas de colaboração, que é potencializado pelo perfil das equipes e dos projetos. O uso de vínculos entre os projetos é um dos recursos que favorece tanto o trabalho individual como em colaboração com o compartilhamento dos modelos que possibilita o trabalho colaborativo simultâneo, assim como o uso dos modelos central e local. E em Natal-RN foi identificados os cenários de colaboração 1 e 2. Verifica-se nestes um menor aproveitamento desses recursos apresentados pelas ferramentas BIM.

Em relação aos estágios de implantação do BIM, verificou-se que as empresas apresentam diferentes níveis de maturidade e a maioria delas está no Estágio de Maturidade 2 – segundo classificação de Succar (2009). Porém, percebe-se entre os escritórios de nível nacional e internacional índices mais elevados de implantação.

Considerando-se a congruência dos dados levantados com a pesquisa survey, a consulta on-line e os estudos de caso, não é possível afirmar que os processos de projeto analisados em Natal-RN, apresentam a totalidade de formas de colaboração com uso do BIM entre escritórios de arquitetura e engenharia desta cidade, mas a maioria delas e as práticas projetuais mais recorrentes. Observou-se, também, que as ferramentas de modelagem aplicadas com maior recorrência nos processos colaborativos, foram as mesmas nas três pesquisas, porém, algumas exceções como softwares de simulação térmica e acústica, e de programação gráfica citadas na consulta on-line não são utilizadas pelas empresas cujos processos foram mapeados. O uso destes softwares pode contribuir para o surgimento outras formas de colaboração, além das identificadas.

Verificou-se nos estudos de caso que escritórios com menos recursos tecnológicos, mas com maior controle do processo de projeto podem realizar a colaboração e integração de disciplinas de forma mais eficiente e desenvolver projetos com maior grau de otimização. Observou-se também que a maior parte dos escritórios de Natal/RN, afirmaram não ter processos definidos de colaboração nem utilizar recursos (softwares) específicos para comunicação, revisão de projetos e integração de disciplinas.

Percebe-se a necessidade de avanços no conhecimento, capacitação e aplicação de novas ferramentas. Há pouca interoperabilidade, reduzido uso de aplicações de simulações relacionadas a sustentabilidade, programação gráfica e

parametrização. E ainda há um distanciamento, principalmente dos escritórios de arquitetura, com relação ao uso do BIM na etapa de obras. Em contrapartida, em alguns dos estudos de referência, verifica-se o surgimento de demandas já visando a etapa de manutenção e facilidades das edificações.

▪ **Considerações Finais**

Conforme Gil (2002), não há um número ideal de estudos de caso a serem analisados em uma pesquisa, embora costume-se utilizar de 4 a 10 (quatro a dez) casos. Assim, observa-se que, embora a seleção dos 10 (dez) processos analisados tenham enriquecido a pesquisa e favorecido a explanação dos processos colaborativos com uso do BIM principalmente no mercado local, eles necessitariam de aprofundamento de alguns aspectos do processo de projeto, o que poderia ter ocorrido com um número de casos reduzido.

É importante ressaltar que definições mais precisas do estágio de maturidade do BIM das empresas, requer, segundo BIM INICIATIVE (2016), o uso da Matriz Maturidade BIM, ferramenta de conhecimento para identificar a maturidade BIM de uma organização ou equipe de projeto. Assim, a definição do estágio de maturidade dos escritórios participantes desta pesquisa é uma aproximação, considerando as principais características que definem cada estágio com índices crescentes de colaboração apresentados por Succar (2009): Estágio 1 – modelagem baseada em objetos; Estágio 2 – colaboração baseada em modelos e Estágio 3 – integração baseada em rede.

De acordo com a consulta on-line, percebe-se uma tendência de expansão no uso do BIM em Natal-RN, visto que 81,7% dos não usuários do BIM pretendem usar essa tecnologia no processo de projeto. Porém, nota-se que parte dos arquitetos contatados durante a pesquisa survey afirmou que ainda não utiliza ou iniciou mas desistiu da implantação do BIM, devido à carência de profissionais das disciplinas complementares com habilidades em BIM com quem possam realizar a colaboração.

Por sua vez, parte dos engenheiros apresentam a mesma causa como dificuldade para colaboração com os arquitetos, ou seja, estes não entregam os projetos em BIM, dificultado a integração dos projetos, e assim desmotivando a implantação do BIM nos escritórios de engenharia de Natal/RN. Desse modo, considera-se isso como um fator negativo para a expansão do BIM na cidade.

Por outro lado, a Câmara Brasileira de BIM (CBIM), que no Rio Grande do Norte é representada pela câmara regional CBIM-RN, tem estimulado a adoção da tecnologia pelos escritórios de arquitetura e engenharia, o que promove a colaboração entre as equipes de projeto. Dentre os objetos das Câmaras Regionais de BIM (CBIMs) estão a promoção do desenvolvimento tecnológico, a regulamentação e normatização de procedimentos, ferramentas e elementos de uso comum do BIM. As Câmaras pretendem também estimular o avanço em pesquisa sobre o tema no meio acadêmico tanto nos cursos de arquitetura quanto de engenharia. Desse modo, ressalta-se a importância da CBIM-RN para o desenvolvimento do BIM no Estado e especificamente em Natal.

Nesse sentido, vale considerar afirmação de Succar (2018) sobre a macro-adoção do BIM em um País – e aqui considerando para o contexto da cidade – que pode ocorrer, não apenas por ações e políticas governamentais ou a partir de implantações em grandes empresas, mas também a partir da implantação e disseminação por pequenas empresas.

Conforme observou-se no levantamento do Estado da Arte, em especial nas dissertações e teses, não foram identificados estudos que trazem como temática principal os processos colaborativos entre escritórios de arquitetura e engenharia visando à integração das disciplinas por meio de modelos BIM. Não foram identificados também estudos que tratassem especificamente como as disciplinas são integradas, em que momento do processo de projeto dos escritórios os profissionais colaboração, quais as especificidades de cada processo identificado, dentre outras questões. Desse modo, como forma de contribuição para essa lacuna de conhecimento verifica-se a relevância deste trabalho.

▪ Sugestões

Uma das possibilidades que poderia estimular o trabalho colaborativo no mercado profissional e no meio acadêmico seria a realização de estudos e pesquisas acompanhados de momentos de práticas em que fosse possível envolver profissionais e/ou estudantes de arquitetura e de engenharia para o desenvolvimento dos projetos a partir do maior aproveitamento das ferramentas de colaboração BIM, trazidas pelos softwares de modelagem e aplicativos específicos de integração de disciplinas. Seria definido também a forma de compartilhamento de modelos que melhor favorecesse o estudo e o produto a ser alcançado com o trabalho colaborativo.

Os participantes seriam instruídos por aulas teóricas sobre componentes de tecnologias, processos e políticas, o que poderia ocorrer por meio de disciplinas optativas ou extracurriculares dos cursos de graduação e pós-graduação, ou como atividade complementar das disciplinas obrigatórias de informática aplicada à arquitetura e à engenharia.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.531:** elaboração de projetos de edificações – Arquitetura. Rio de Janeiro, 1995.

_____.ISO 29481-1:2016 – Building information models – Information delivery manual – Part 1: Methodology and format.

_____.ISO12006-3:2007 – Building construction – organization of Information about construction Works – part 3: framework for object-oriented Information.

_____.ISO16739:2013 – Industry Foundation of Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries.

ADOPCIÓN DE BIM EN ARGENTINA - ENCUESTA 2016. Buenos Aires: Escuela de Gestión de la Construcción, 2017. Disponível em: <<http://www.bimforum.org.ar>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS – AIA. Document E203™: Building Information Modeling and Digital Data Exhibit. 2013. 7p.

_____.Document G202™: Project Building Information Modeling Protocol Form. 2013. 33p.

AMS BIM SERVICES. **MEP chash detection services.** Disponível em: <<http://www.amsbim.com/clash-detection.html>>. Acesso em: 10 out. 2018.

ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. Gestão & Tecnologia de Projetos [ISSN 19811543]. Vol. 4, n. 2, Nov., 2009.

ARAYICI, Yusuf. **Building information modeling.** Londres: Bookboon.com. 1º ed. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (AsBEA). **Guia AsBEA: boas práticas em BIM.** Fascículo II. 2015. 24p.

ATP ENGENHARIA LTDA. Projeto de um aeroporto. Recife, 2018.

AUTODESK. **Collaboration for Revit features**. 2018. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/collaboration-for-revit/features>. Acesso em: 10 mar. 2018.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70. 2011. 279 p.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Atual cenário da implantação de BIM no mercado da construção civil da cidade de São Paulo e demanda por especialistas. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: FAUFBA, 2011. 1CD.

BIM FRAMEWORK. **BIM Stages**. 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fTkXmseATqs> >. Acesso em: 03 mai. 2018.

BEETZ, Jakob; BERLO, Leon van; LAAT, Ruben de. BONSMMA, Peter. **Advances in the development and application of an open source model server for building Information**. In: CIBW78, W102 Conference, 2011, Nice. Proceedings. 2011. 7p.

BONI, Valdete; QUARESMA, Silvia Jurema. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. In: **Em Tese**: Revista Eletrônica dos Pós-graduandos em Sociologia Política da UFSC. Vol. 2 no 1 (3), janeiro-julho/2005, p.68-80.

BIM INICIATIVE. **Matriz de maturidade BIM**. 2016. (Tradução: Leonardo Manzione - Coordenar). Disponível em: [https:// http://bimexcellence.org/files/301in.PT-Matriz-de-Maturidade-BIM.pdf](https://http://bimexcellence.org/files/301in.PT-Matriz-de-Maturidade-BIM.pdf)>. Acesso em: 03 mai. 2018.

BRANDÃO, Otávio Curtiss Silviano. **Sobre fazer projeto e aprender a fazer projeto**. Tese de Doutorado: São Paulo: USP, 2008. 271p.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco; GARRIDO, Marlon Câmara; MENDES JR, Ricardo; SCHEER, Sérgio; FREITAS, Maria do Carmo Duarte. **Entendendo BIM**. Curitiba. 1º ed. 2015, 50p.

CONTIER ARQUITETURA LTDA. Projeto de Edifício corporativo. São Paulo, 2017.

CORNETET, Betina C.; FLORIO, Wilson. Reflexão sobre a implantação do BIM em três escritórios de arquitetura em Porto Alegre, de 2010 a 2015. In: ENCONTRO

BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

COSTA, Fernando José de Medeiros. **Do modelo geométrico ao modelo físico: o tridimensional na educação do arquiteto e urbanista.** Tese de Doutorado. Natal: PPGAU – UFRN, 2013.

CHRISTIANSSON, Per. **Experiences From Using Internet Based Collaboration Research. Proceedings Conference on Architectural Research and Information Technology. Nordic Association for Architectural Research. Arkitektskolen i Aarhus, 2001.** p. 103-112. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=9B9A840C133E02FB8AA CA2593285B24B?doi=10.1.1.72.8843&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2018.

DIEDRO ENGENHARIA LTDA. Projeto de edificação residencial de padrão popular. Natal, 2018.

_____. Projeto de Edificação residencial de alto padrão. Natal, 2018.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM:** um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483p.

EDILIZIA DESARROLLOS CONSTRUCTIVOS. Projeto do Metra Puerto Norte. Rosário (Argentina), 2018.

_____. Simulação térmica em edificação residencial. Rosário (Argentina), 2017.

_____. Trabalho colaborativo com uso de worksets. Rosário (Argentina), 2017.

ESARQ – ESTUDIO SWIECICKI ARQUITECTOS. Projeto de edifício corporativo de escritórios. Buenos Aires (Argentina), 2016.

ESPAÇO QUATRE. Projeto residencial de alto padrão. Natal, 2018.

FLORIO, W. Modelagem Paramétrica no Processo de Projeto em Arquitetura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, SBPQ 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP, 2009a, p. 571-582.

FLORIO, W. Ensino de Modelagem Paramétrica no Processo de Projeto: experiências didáticas. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, III ENANPARQ, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2014.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Orgs). **Métodos de pesquisa.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 4ª ed. 2002. 175p.

GRIZ, Cristiana; CARVALHO, Gisele de; PEIXOTO, Angélica. Modificações da Metodologia do ensino do Desenho Arquitetônico seguindo conceitos da Ergonomia Cognitiva. In: Graphica 2007. Curitiba, 2007.

HERNANDES, Carlos Roberto Barrios. **Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi.** Design Studies. Vol 27 Nº 3, Maio. 2006. p. 309-324.

IDEA PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA. Projeto de edificação residencial triplex. Natal, 2018.

ATP ENGENHARIA LTDA. Projeto do Papódromo. Natal, 2018.

JACOSKI, Claudio Alcides; LAMBERTS, Roberto. A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil. Workshop de gestão do processo do projeto na construção civil 2. 2002.

JØRGENSEN, Kaj A.; SKAUGE, Jørn; CHRISTIANSSON, Per; SVIDT, Kjeld; SØRENSEN, Kristian Birch; MITCHELL, John. **Use of IFC Model Servers:** Modelling Collaboration Possibilities in Practice. Disponível em: < http://www.it.civil.aau.dk/it/reports/2008_lfc_model_server.pdf>. Acesso em: 22 out. 2017.

KAMARDEEN, Imriyas. 8D BIM modelling tool for accident prevention through design. In: Egbu, C. (Ed) Procs 26th Annual ARCOM Conference. Leeds, UK, Association of Researchers in Construction Management. 2010. p. 281-289.

KOWALTOWSKI, Doris. C. C. K.; MOREIRA, Daniel de Carvalho; PETRECHE, João R. D.; FABRICIO, Márcio M. **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. Oficina de Textos: São Paulo, 2013. 504p.

KVAN, Thomas. **Collaborative design: what is it?**. In: Automation in Construction 9. 2000. p.409-415.

LAWSON, Bryan. **Como arquitetos e designers pensam**. Tradução de Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 296p.

LEDO, Rafael Zanelato; PEREIRA, Alice T. Cybis. Análise do trabalho colaborativo síncrono à distância no desenvolvimento do projeto de arquitetura. In: VIII Congresso Ibero-Americana de Gráfica Digital- SIGRADI, 2004, São Leopoldo. VIII Congresso Ibero-Americana de Gráfica Digital. São Leopoldo: UNISINOS, 2004. v. 1. p. 272-274.

LOWE, Richard H.; MUNCEY, Jason M. Consensus. DOCS 301 BIM Addendum. **Construction Lawyer**, Volume 29, n. 1, 2009. American Bar Association. Disponível em: <<https://www.consensusdocs.org/News/Download/d2458cb3-5ba4-4e2d-bb1d-9fb400cfd2fc?name=ABA-Winter-09-ConsensusDOCS-301-BIM-Addendum-Lowe-and-Muncey.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. Tese de Doutorado. São Paulo: USP, 2013.

MARGOTTI, A. E. et al. **Caderno de apresentação de projetos BIM**. Governo do Estado de Santa Catarina, 2014. 95p.

MEDEIROS, Sanderson Carvalho Souza de. **Integração de Projetos no ensino através de BIM: uma abordagem dos cursos de Arquitetura e Urbanismo da UFRN e da UFPB**. Dissertação de Mestrado. Natal: PPGAU – UFRN, 2015.

MENEZES, Gilda Lúcia Bakker Batista de. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v.18, n.22, 21º sem. 2011.

MÜNCH, José Ricardo. **Tecnologia BIM: ciclo BIM 3D ao BIM 7D**. 2016. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/tecnologia-bim-ciclo-3d-ao-7d-josé-ricardo-münch>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

NETTO, Claudia Campos. **Autodesk Revit Architecture 2015**. São Paulo: Saraiva, 2015. 432p.

OLIVEIRA, Fabrício Amorim M. de. **A organização do processo de projeto de arquitetura no meio profissional: uma análise da produção em escritórios**. Dissertação de Mestrado. Natal: PPGAU – UFRN, 2013.

PIERRE, Adriano. Projeto de um centro administrativo para um complexo fotovoltaico. Natal, 2018.

PENTTILÄ, Hannu. **Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression**. ITcon, v. 11, 2006, 395-408.

PEREIRA, Ana Paula Carvalho. **A adoção do paradigma BIM em escritórios de arquitetura em Salvador – BA**. Dissertação de Mestrado. Salvador: PPGAU – UFBA, 2013.

RUSCHEL, Regina Coeli; ANDERY, Paulo Roberto P.; MOTTA, Silvio Romero F.; VEIGA, Ana Cecília N. R. Building Information Modeling para Projetistas. In: FABRÍCIO, Márcio Minto; ORNSTEIN, Sheila Walbe (Org.). **Qualidade no projeto de edifícios**. São Carlos: ANTAC, 2010.

SANTOS, Edler Oliveira. **Processo de projeto colaborativo em arquitetura**. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura – UFMG, 2014.

SILVA, Heitor de Andrade. **Projeto em áreas consolidadas de patrimônio cultural: propostas para construção de uma metodologia de ensino**. Tese de Doutorado. Natal: PPGAU – UFRN, 2012.

SNYDER, J.; CATANESE, A. (Orgs.). **Introdução à Arquitetura**. Rio de Janeiro. Campus, 1984.

SOUZA, Livia L. Alves de; AMORIM, Sérgio R. Lausin; LYRIO, Arnaldo de Magalhães. Impactos do uso do BIM em escritórios e arquitetura: oportunidades no

mercado imobiliário. **Gestão e Tecnologia de Projetos** [ISSN 19811543]. Vol. 4, no 2, novembro 2009.

STAKE, Robert E. **The art of case study research**. SAGE Publications. Thousand Oaks, 1995.

STEINER, Luisa Ramos. **Análise da implementação da plataforma BIM no setor da AEC do Estado de Santa Catarina**. 109 f. Monografia (Graduação). Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, 2016.

STUDIO SANTA ROSA. Projeto de residência de alto padrão. Natal, 2018.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. 2009. **Automation in Construction** 18. p. 357–375. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/222267027_Building_Information_Modelling_framework_A_research_and_delivery_foundation_for_industry_stakeholders>. Acesso em: 26 dez. 2017.

SUCCAR, Bilal. BIM: Oportunidade para inovar a indústria da construção e aumentar a transparência das compras públicas. 2018. Disponível em: <<https://cbic.org.br/bim-oportunidade-para-inovar-a-industria-da-construcao-e-aumentar-a-transparencia-das-compras-publicas-2/>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

TRELDAL, Niels. **Integrated data and process control during BIM design: Focused on integrated design of energy and indoor climate conditions**. 2008. 220f. Master's Thesis – Department of Civil Engineering (BYG-DTU). Technical University of Denmark, Brovej, 2008.

VELOSO, Maisa Fernandes Dutra. **Notas de aula**. Curso de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2001.

WADE, John W. Programação arquitetônica (Capítulo 8). In: SNYDER, J.; CATANESE, A. (Orgs.). **Introdução à Arquitetura**. Rio de Janeiro. Campus, 1984. p. 195-206.

APÊNDICES

APÊNDICE 1: QUADRO DE UNIDADES DE ANÁLISE DOS MULTICASOS

UNIDADES DE ANÁLISE	<div>Legenda:<div><div><div></div><div>Escritório (processo arquitetura)</div></div><div><div></div><div>Escritório (processo engenharia)</div></div><div><div></div><div>Escritórios (processo colaboração)</div></div><div><div></div><div>Entrega</div></div></div><div><div>Momento onde inicia definição de soluções integradas pelos colaboradores</div><div>Momento onde iniciam atividades que visam à integração de disciplinas</div><div>Momento de integração das disciplinas</div></div></div>
Fases do Processo (Fluxograma)	
Ferramentas (Softwares)	
Equipe	
Formas de Comunicação	
Produto	
Worksets	
Forma de Compartilhamento dos Modelos	
Coordenação	
Interoperabilidade	
Fatores que Limitam a Colaboração e Integração	
Projeto Analisado:	

APÊNDICE 2 – ROTEIRO DO FORMULÁRIO PARA USUÁRIOS DO BIM

(Para profissionais que usam o BIM no processo de projeto arquitetônico)

Instruções Iniciais:

BIM e Processo de Projeto

O USO DA MODELAGEM DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM) NO PROCESSO DE PROJETO ARQUITETÔNICO

Nessa pesquisa BIM refere-se: ao conjunto de processos de modelagem e ao modelo 3D digital que simula a edificação com todas as informações necessárias à execução da obra, manutenção e demais fases do empreendimento.

Softwares BIM: aqueles usados para elaborar o modelo 3D digital da edificação e realizar diversos tipos de simulação. (Exemplos: Revit, Archicad, MS Project, Ecotec, DesignBuilder, etc.)

1. Atua no desenvolvimento de projeto arquitetônico?

- ☐ Sim
- ☐ Não

2. Utiliza algum software de Modelagem de Informação da Construção (BIM) no processo de projeto arquitetônico?

- ☐ Sim
- ☐ Não

3. Qual(is) software(s) utiliza no processo de projeto arquitetônico?

Se necessário, pode marcar mais de uma opção!

- ☐ AutoCAD
- ☐ Revit
- ☐ Archicad
- ☐ Navisworks
- ☐ Grasshopper
- ☐ Outro(s): _____

4. Ao utilizar o BIM, percebeu alguma mudança significativa no processo de projeto arquitetônico?

- ☐ Sim
- ☐ Não

5. Que tipo de projeto arquitetônico desenvolve?

Se necessário, pode marcar mais de uma opção!

- ☐ Residencial unifamiliar
- ☐ Residencial multifamiliar
- ☐ Comercial
- ☐ Institucional
- ☐ Interiores
- ☐ Outro(s): _____

6. Em qual(is) fase(s) do processo de projeto arquitetônico utiliza o BIM?

- ☐ Estudos Preliminares
- ☐ Anteprojeto/Projeto Legal
- ☐ Projeto Executivo

7. Utiliza o BIM com que finalidade?

Se necessário, pode marcar mais de uma opção

- ☐ Concepção Volumétrica
- ☐ Representação Gráfica
- ☐ Realizar Orçamento/Planejar Execução de Obra
- ☐ Compatibilização de Projetos
- ☐ Outro(s):

8. Ao desenvolver o projeto arquitetônico com o BIM?

Se necessário, pode marcar mais de uma opção!

- ☐ Ocorre a colaboração de outros especialistas (engenheiro estrutural, de instalações, etc.)
- ☐ Não ocorre a colaboração de outros especialistas (engenheiro estrutural, de instalações, etc.)
- ☐ A colaboração com outros especialistas ocorre desde as primeiras fases do projeto arquitetônico
- ☐ O modelo 3D é utilizado pelos especialistas colaboradores para integração dos respectivos projetos

9. Qual o principal benefício percebido ao utilizar o BIM no processo de projeto arquitetônico?

- ☐ Redução do tempo de elaboração do projeto
- ☐ Facilidade de troca de informações entre projetistas
- ☐ Maior foco no processo e menos preocupação com representação
- ☐ Outro(s):

10. Qual o principal ponto negativo identificado ao utilizar o BIM?

- ☐ Falta de interoperabilidade entre softwares
- ☐ Dificuldade de biblioteca de componentes
- ☐ Falta de mão-de-obra especializada
- ☐ Outro(s):

APÊNDICE 3 – ROTEIRO DO FORMULÁRIO PARA NÃO USUÁRIOS DO BIM

(Para profissionais que ainda não usam o BIM no processo de projeto arquitetônico)

Instruções Iniciais:

BIM e Processo de Projeto

O USO DA MODELAGEM DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM) NO PROCESSO DE PROJETO ARQUITETÔNICO

Nessa pesquisa BIM refere-se: ao conjunto de processos de modelagem e ao modelo 3D digital que simula a edificação com todas as informações necessárias à execução da obra, manutenção e demais fases do empreendimento.

Softwares BIM: aqueles usados para elaborar o modelo 3D digital da edificação e realizar diversos tipos de simulação. (Exemplos: Revit, Archicad, MS Project, Ecotec, DesignBuilder, etc.)

1. Atua no desenvolvimento de projeto arquitetônico?

- ☐ Sim
- ☐ Não

2. Utiliza algum software de Modelagem de Informação da Construção (BIM) no processo de projeto arquitetônico?

- ☐ Sim
- ☐ Não

3. Qual(is) software(s) utiliza no processo de projeto arquitetônico?

- ☐ AutoCAD
- ☐ Sketchup
- ☐ 3D Studio
- ☐ Outro(s):

4. Que tipo de projeto arquitetônico desenvolve?

- ☐ Residencial Unifamiliar
- ☐ Residencial Multifamiliar
- ☐ Comercial
- ☐ Institucional
- ☐ Interiores
- ☐ Outro(s):

5. Pretende utilizar algum software BIM no processo de projeto arquitetônico?

- ☐ Sim
- ☐ Não

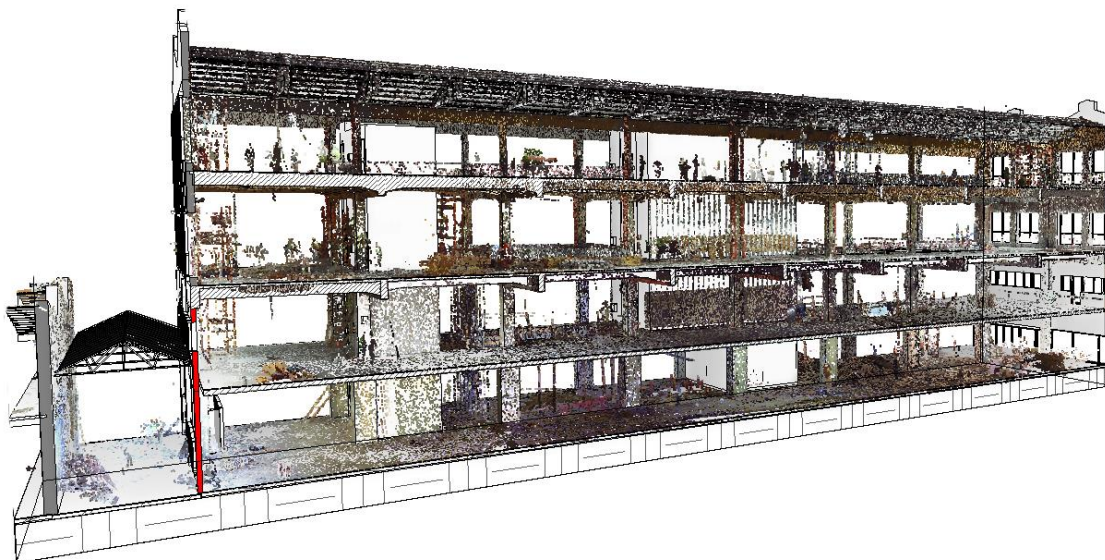
6. Porque ainda não utiliza softwares BIM no processo de projeto arquitetônico?

- ☐ Devido ao custos com licenças
- ☐ Os softwares que utiliza são suficientes para as tarefas que desenvolve
- ☐ Dificuldade de manuseio da ferramenta
- ☐ Outro(s):

ANEXOS

ANEXO 1 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE REFERÊNCIA 1

Levantamento com nuvem de pontos (Edifício Cooperativo de Escritórios)



Fonte: ESARQ, 2018.

Integração dos modelos de arquitetura e HVAC (Edifício Cooperativo de Escritórios)



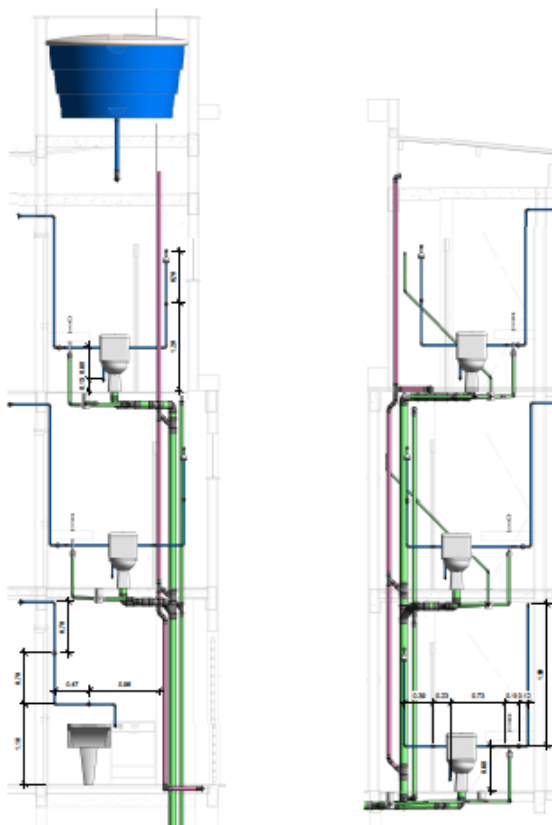
Fonte: ESARQ, 2018.

ANEXO 2 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE REFERÊNCIA 3**Corte Norte “A” – Modelos 3D de Estrutura e Instalações**
(Edifício Comercial 120.000m²)

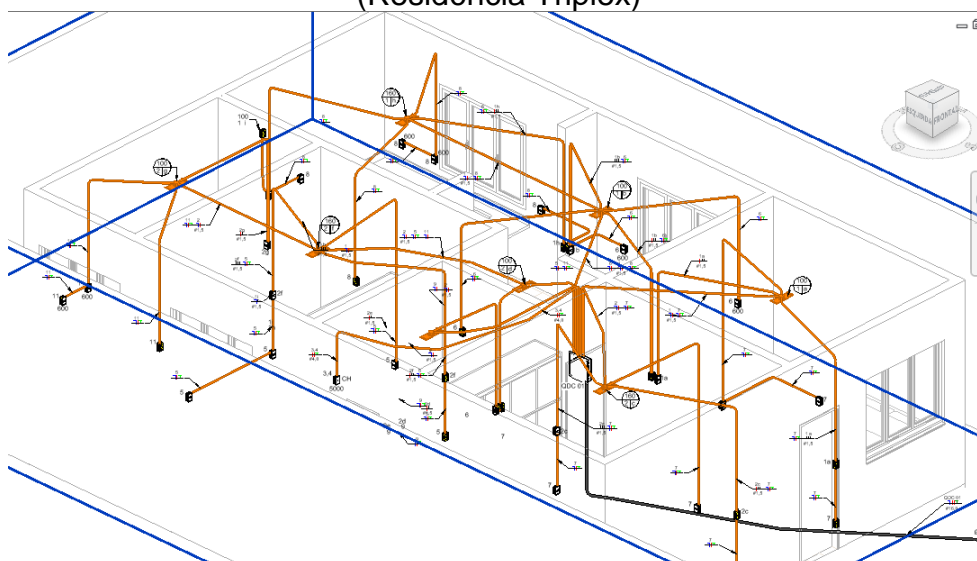
Fonte: Contier Arquitetura, 2018.

Planta de Forro – Torre – Modelos 3D de Estrutura e Instalações
(Edifício Comercial 120.000m²)

Fonte: Contier Arquitetura, 2018.

ANEXO 3 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 2**Corte AA e CC – Modelo 3D de Instalações Hidrossanitárias
(Residência Triplex)**

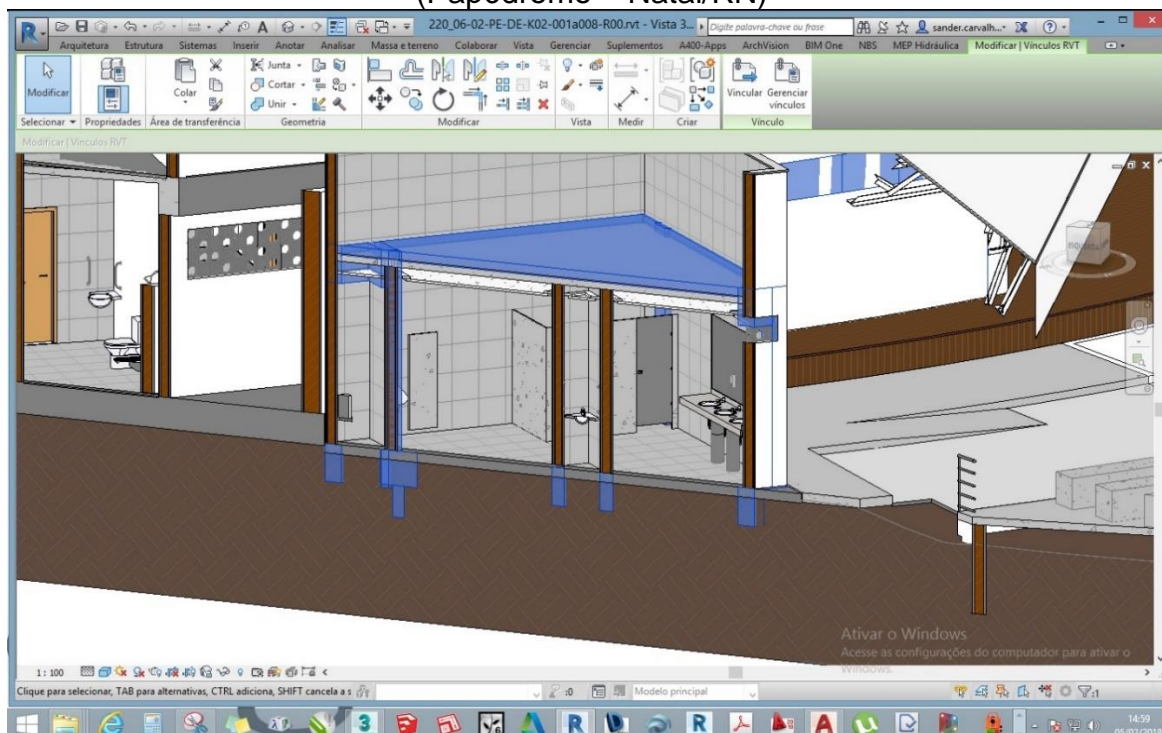
Fonte: IDEA Projetos de Engenharia Ltda, 2018.

**Modelo 3D de Instalações Elétricas
(Residência Triplex)**

Fonte: IDEA Projetos de Engenharia Ltda, 2018.

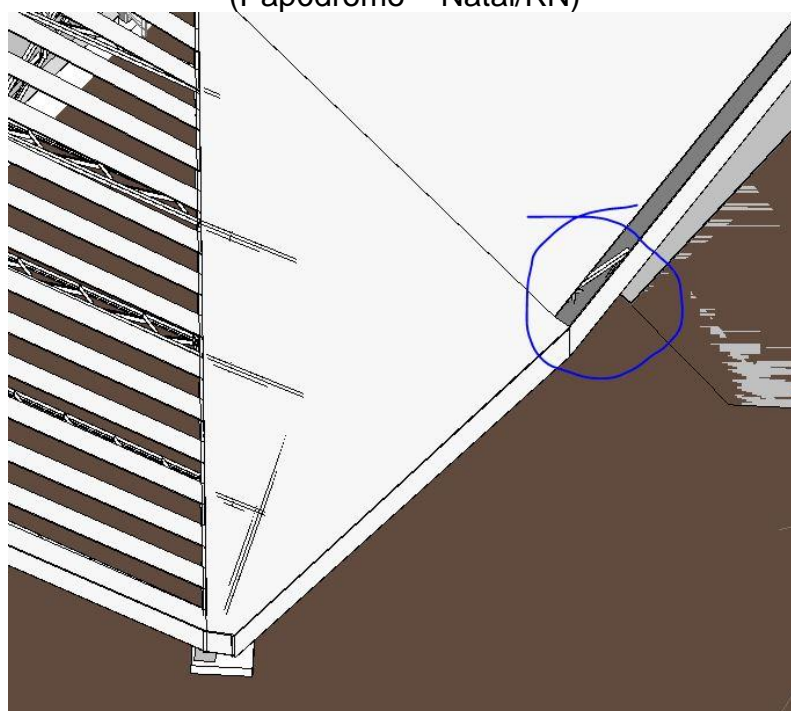
ANEXO 4 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 3

Detecção de interferências entre arquitetura e estrutura de concreto (Papódromo – Natal/RN)



Fonte: ATP Engenharia Ltda (Natal/RN), 2018.

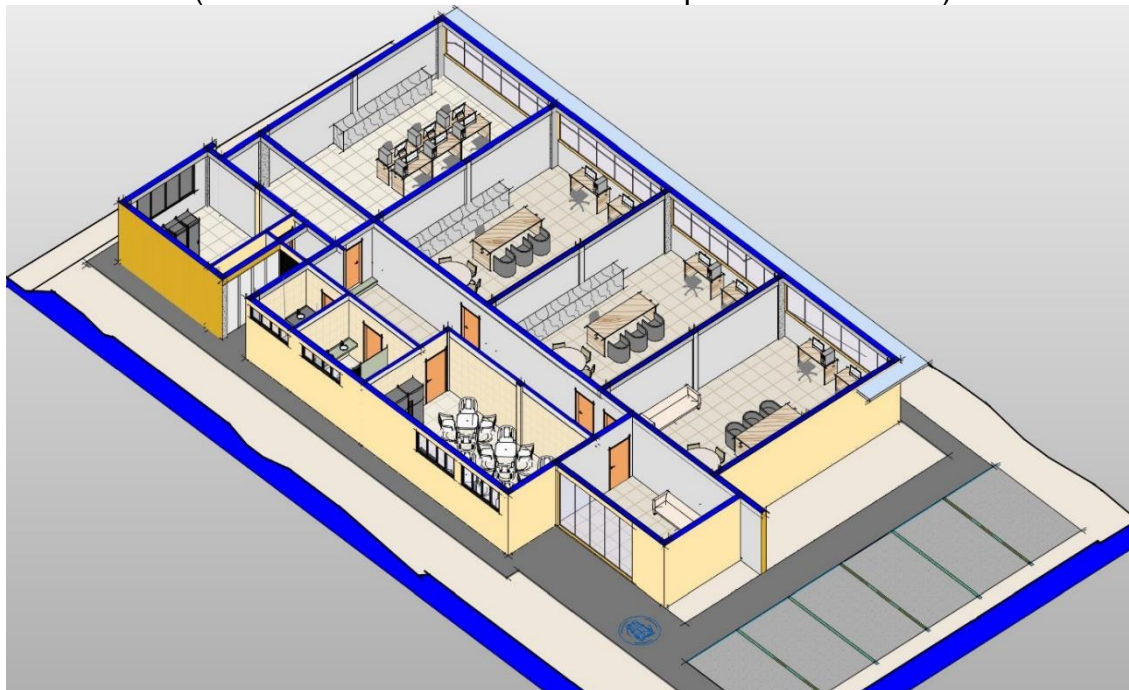
Detecção de interferência entre calha da cobertura e estrutura metálica (Papódromo – Natal/RN)



Fonte: ATP Engenharia Ltda (Natal/RN), 2018.

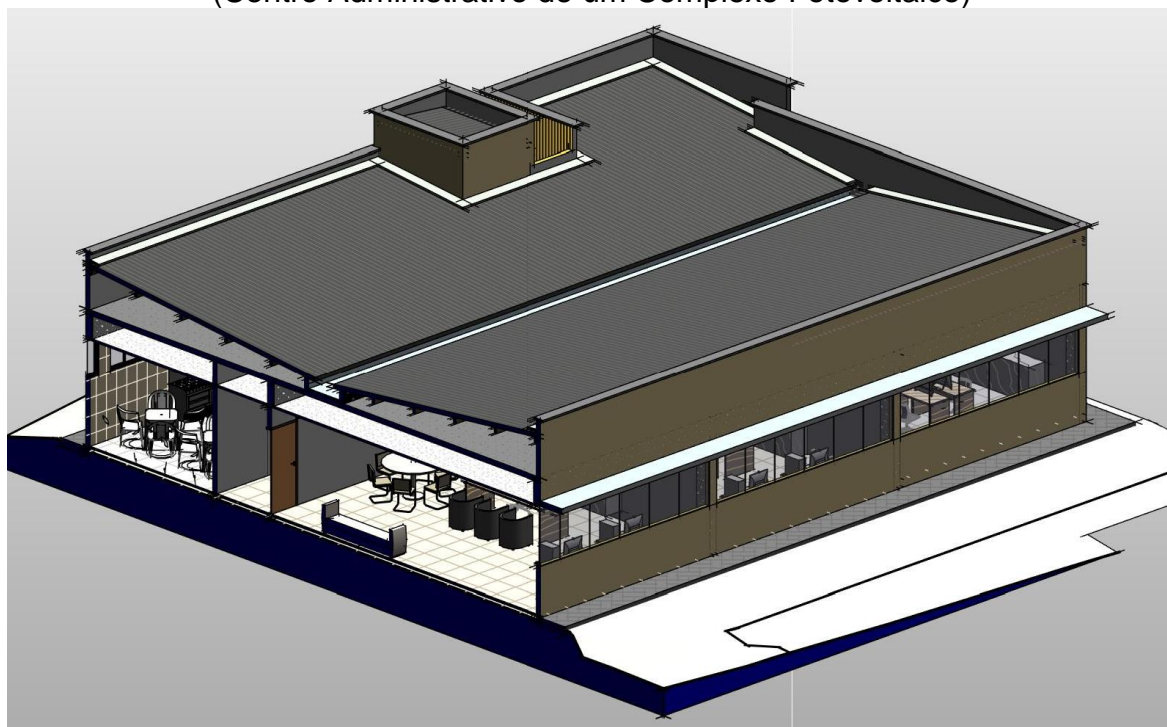
ANEXO 5 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 4

Integração entre arquitetura, estrutura e ambientação (Centro Administrativo de um Complexo Fotovoltaico)



Fonte: Adriano Pierre (Arquiteto), 2018.

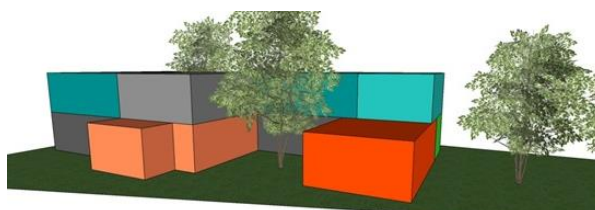
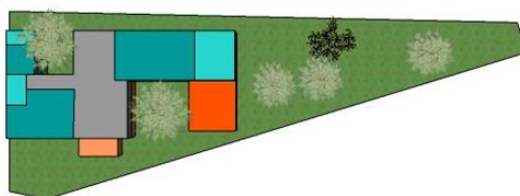
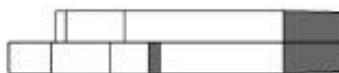
Integração entre arquitetura, estrutura e ambientação (Centro Administrativo de um Complexo Fotovoltaico)



Fonte: Adriano Pierre (Arquiteto), 2018.

ANEXO 6 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 6

Principais fases do projeto arquitetônico (Edificação Residencial de Alto Padrão)



Fonte: Studio Santa Rosa, 2018.

ANEXO 7 – IMAGENS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 6

Da compatibilização de disciplinas à fase de obras (Edificação Residencial de Alto Padrão)



Fonte: Diedro Engenharia Ltda, 2018.